

Partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung in der Chemielehrer*innenbildung ermöglichen

Analyse, Reflexion und fachdidaktische Implikationen
der Vermittlungsperspektive



Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

vorgelegt von

Tom Konrad Anton

2026

**Die vorliegende Dissertation wurde von der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Köln angenommen.**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Theoretische Grundlagen	4
2.1	NATURWISSENSCHAFTLICHE GRUNDBILDUNG UND SOCIOSCIENTIFIC ISSUES (SSI)	4
2.1.1	<i>Naturwissenschaftliche Grundbildung als Bildungsziel.....</i>	<i>5</i>
2.1.2	<i>Konzeptionen naturwissenschaftlicher Grundbildung</i>	<i>7</i>
2.1.3	<i>Kompetenzorientierte Bildungsprozesse.....</i>	<i>12</i>
2.1.4	<i>SSI: Schlüsselmerkmale und ihre Bedeutung.....</i>	<i>15</i>
2.1.5	<i>Gesellschaftliche Dimensionen von Chemieunterricht</i>	<i>19</i>
2.1.6	<i>Orientierung in der Lebenswelt durch SSI ermöglichen</i>	<i>22</i>
2.1.7	<i>Wie Nature of Science Aspekte und SSI sich wechselseitig bereichern</i>	<i>27</i>
2.1.8	<i>Vorläufigkeitsaspekte von naturwissenschaftlichem Wissen und die Rolle von Expertisen in der Politik 31</i>	
2.1.9	<i>Klimaskepsis als exemplarische Herausforderung: Implikationen für Bildung und Gesellschaft 34</i>	
2.1.10	<i>Grenzwerte als Instrumente zum Umgang mit Risiken im Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft</i>	<i>37</i>
2.2	PARTIZIPATIONSORIENTIERTE NATURWISSENSCHAFTLICHE GRUNDBILDUNG 50	
2.2.1	<i>Befähigung zu gesellschaftlicher Partizipation im Chemieunterricht: SSI als Schlüssel.....</i>	<i>51</i>
2.2.2	<i>Dialogische Vermittlungsansätze: Grundlagen zur aktiven Beteiligung schaffen.....</i>	<i>59</i>
2.2.3	<i>SSI im Chemieunterricht: Lernende zwischen Interesse und Herausforderung</i>	<i>62</i>
2.2.4	<i>Lebende als verantwortliche Akteure der didaktischen Transformation von SSI.....</i>	<i>65</i>
2.3	VERMITTLUNGSPROZESSE PLANEN	72
2.3.1	<i>Klafkis bildungstheoretische Didaktik: Ein inhaltsbezogener Zugang zur Unterrichtsplanung 73</i>	
2.3.2	<i>Ziele: Die Fundamente einer Planung</i>	<i>75</i>
2.3.3	<i>Anforderungssituationen im kompetenzorientierten Unterricht: Können unter Beweis stellen...77</i>	
2.3.4	<i>Lernarrangements als didaktisches Werkzeug begreifen: Angehende Chemielehrer*innen auf eine kompetenzorientierte Unterrichtspraxis vorbereiten.....</i>	<i>80</i>
3	Voruntersuchungen und Ziele des Forschungsprojekts	86
3.1	VORSTUDIE: GESELLSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN IM LICHT DER NATURWISSENSCHAFTLICHER GRUNDBILDUNG IN DER CHEMIELEHRER*INNENBILDUNG – EINE FRAGEBOGENSTUDIE ZUM THEMA SCHADSTOFFE IN DER LUFT	86
3.1.1	<i>Konzeption</i>	<i>87</i>
3.1.2	<i>Ergebnisse</i>	<i>88</i>
3.1.3	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>91</i>
3.2	VORSTUDIE: SMART CHEMISTRY TEACHERS COLOGNE (SCHEMTEC).....	92

3.2.1	<i>Konzeption der Lehrveranstaltung SChemTeC</i>	93
3.2.2	<i>Konzeption der Forschung zu SChemTeC</i>	97
3.2.3	<i>Ergebnisse</i>	99
3.2.4	<i>Diskussion und Schlussfolgerungen</i>	102
3.3	ABLEITUNG VON FORSCHUNGS- UND UNTERSUCHUNGSFRAGEN.....	104
4	Konzeption des Forschungsprojekts	114
4.1	RAHMENBEDINGUNGEN UND ÜBERSICHT ÜBER DIE TEILSTUDIEN.....	115
4.2	GESTALTUNG DES LEHRANGEBOTS	118
4.2.1	<i>Seminarphase Wissensaneignung</i>	123
4.2.2	<i>Seminarphase Vermittlung anbahnen</i>	130
4.2.3	<i>Seminarphase Vermittlung reflektieren</i>	137
4.3	DATENERHEBUNGSMETHODEN	141
4.3.1	<i>Prä- und Post-Fragebögen</i>	147
4.3.2	<i>Reflexionsaufgaben</i>	152
4.3.3	<i>Problemzentrierte Interviews</i>	155
4.3.4	<i>Lernarrangements</i>	164
4.4	DATENAUSWERTUNGSMETHODEN.....	168
4.4.1	<i>Inhaltliche Strukturierung des chemischen Wissens, Grenzwertwissens, Wissens zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an Diskursen um ausgewählte SSI</i>	172
4.4.2	<i>Induktive Analyse der zur Beantwortung des Fragebogens verwendeten Informationsquellen</i>	195
4.4.3	<i>Skalierende Strukturierung zur Analyse der entwickelten Lernarrangements</i>	197
4.4.4	<i>Induktive Kategorienbildung zu den verschiedenen Perspektiven zur Vermittlung von SSI..</i>	210
5	Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage: Befähigung zur Partizipation an Diskursen um SSI	213
5.1	BESCHREIBUNG DER RAHMENBEDINGUNGEN DER TEILSTUDIEN.....	213
5.2	ZUR FÖRDERUNG DES CHEMISCHEN WISSENS: UNTERSUCHUNGSFRAGE U1.1	215
5.3	ZUR FÖRDERUNG DES GRENZWERTWISSENS: UNTERSUCHUNGSFRAGE U1.2	232
5.4	ZUR REFLEXION NATURWISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNISSE ZUR PARTIZIPATION AN SSI: UNTERSUCHUNGSFRAGE 1.3	246
5.5	VERWENDETE QUELLEN ZUR BEANTWORTUNG DES FRAGEBOGENS: UNTERSUCHUNGSFRAGE 1.4	257
5.6	ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION DER ERGEBNISSE ZUR ERSTEN FORSCHUNGSFRAGE	261

6	Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage: Förderung von Kompetenzen zur Vermittlung einer SSI bezogenen partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung.....	268
6.1	BESCHREIBUNG DER RAHMENBEDINGUNGEN DER TEILSTUDIEN.....	269
6.2	ZUR UNTERSUCHUNG DER KONZIPIERTEN LERNARRANGEMENTS: UNTERSUCHUNGSFRAGE 2.1	270
6.2.1	<i>Einschätzungsdimension Ziele.....</i>	271
6.2.2	<i>Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes</i>	276
6.2.3	<i>Einschätzungsdimension der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen.....</i>	279
6.2.4	<i>Einschätzungsdimension der Quellenarten im Vermittlungsprozess</i>	285
6.2.5	<i>Einschätzungsdimension der handlungsorientierten Arbeitsaufträgen</i>	288
6.2.6	<i>Vergleich der Probandenkompetenzen der Teilstudien 1 und 3 zum SSI Mikroplastik in Bezug auf die beiden Forschungsfragen 1 und 2.....</i>	292
6.3	ZUR UNTERSUCHUNG DER VERMITTLUNGSPERSPEKTIVEN ZU SSI: UNTERSUCHUNGSFRAGE 2.2	297
6.3.1	<i>Allgemeine Perspektiven auf die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI bei Chemielehrer*innenstudierenden.....</i>	297
6.3.2	<i>Fach- und sachbezogene Aspekte zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand von SSI.....</i>	305
6.4	ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION DER ERGEBNISSE ZUR ZWEITEN FORSCHUNGSFRAGE	324
7	Fazit.....	337
8	Zusammenfassung.....	345
9	Literaturverzeichnis	351
10	Anhang.....	394
10.1	ERGÄNZENDES MATERIAL ZUR DATENERHEBUNG.....	394
10.1.1	<i>Muster einer Einverständniserklärung: Teilstudie 4.....</i>	394
10.1.2	<i>Fragebögen(-items).....</i>	398
10.1.2.1	<i>Vorstudie: Gesellschaftliche Herausforderungen im Lichte naturwissenschaftlicher Grundbildung in der Chemielehrer*innenbildung – eine Fragebogenstudie zum Thema Schadstoffe in der Luft</i>	398
10.1.2.2	<i>Vorstudie SChemTeC: Fragebogenitems</i>	402
10.1.2.3	<i>Teilstudie 1 (Mikroplastik): Fragebogenitems des Prä-Fragebogens</i>	402
10.1.2.4	<i>Teilstudie 1 (Mikroplastik): Fragebogenitems des Post-Fragebogens.....</i>	402
10.1.2.5	<i>Teilstudie 2 (Schadstoffe in der Luft): Fragebogenitems (Prä- und Postfragebogen deckungsgleich).....</i>	403
10.1.2.6	<i>Teilstudie 3 (Mikroplastik): Fragebogenitems (Prä- und Postfragebögen deckungsgleich).....</i>	404
10.1.2.7	<i>Teilstudie 4 (Nitrate): Fragebogenitems (Prä- und Postfragebögen deckungsgleich)</i>	404
10.1.3	<i>Interviews</i>	405
10.1.3.1	<i>Interviewleitfaden: Vorstudie SChemTeC.....</i>	405

10.1.3.2	Interviewleitfaden: Teilstudie 1 und 3 (Mikroplastik).....	406
10.1.3.3	Interviewleitfaden: Teilstudie 2 (Schadstoffe in der Luft)	407
10.1.3.4	Interviewleitfaden: Teilstudie 4 (Nitrate).....	408
10.1.4	<i>Reflexionsaufgaben</i>	410
10.1.4.1	SCchemTeC	410
10.1.4.2	Teilstudien 1 und 3: Impulse der Reflexionsaufgaben	410
10.1.4.3	Teilstudie 2: Impulse der Reflexionsaufgaben	411
10.1.4.4	Teilstudie 4: Impulse der Reflexionsaufgaben	411
10.1.5	<i>Lernarrangements</i>	412
10.1.5.1	Aufgabenstellung für die Lernarrangements der Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik) 412	
10.1.5.2	Aufgabenstellung für die Lernarrangements der Teilstudie 4 (Nitrate).....	413
10.2	ERGÄNZENDES MATERIAL ZUR DATENAUFBEREITUNG.....	413
10.3	ERGÄNZENDES MATERIAL ZUR DATENAUSWERTUNG.....	414
10.3.1	<i>Kodierleitfäden: Inhaltliche Strukturierung</i>	414
10.3.1.1	Teilstudie 1: Mikroplastik	414
10.3.1.2	Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	422
10.3.1.3	Teilstudie 3: Mikroplastik	431
10.3.2	<i>Kodierleitfäden: Informationsquellen, die zur Beantwortung des Fragebogens herangezogen worden sind</i> 442	
10.3.2.1	Teilstudie 1: Mikroplastik	442
10.3.2.2	Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	444
10.3.2.3	Teilstudie 3: Mikroplastik	445
10.3.3	<i>Kodierleitfäden: Lernarrangements</i>	446
10.3.3.1	Teilstudie 1: Mikroplastik	446
10.3.3.2	Teilstudie 3: Mikroplastik	456
10.3.3.3	Teilstudie 4: Nitrate.....	466
10.3.4	<i>Kodierleitfäden: Grundsätzliche Einstellungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI und entsprechende Einschränkungen</i>	476
10.3.4.1	Teilstudien 1 und 3: Mikroplastik	476
10.3.4.2	Teilstudie 4: Nitrate.....	478
10.3.5	<i>Kodierleitfäden: Perspektiven zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI</i> 480	
10.3.5.1	Teilstudien 1 und 3: Mikroplastik - Vermittlungsperspektiven.....	480
10.3.5.2	Teilstudie 4: Nitrate – Vermittlungsperspektiven	483
10.3.6	<i>Kodierleitfäden: Weiterentwicklungen und Herausforderungen der Studierenden der Vorstudie SCchemTeC486</i>	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vierfelderquadrat des Cynefin-Frameworks in Anlehnung an Fensham (2012) zur Unterscheidung von Themen anhand ihrer Komplexität und ihres Risikos.....	41
Abbildung 2: Ausgewählte Schlagzeilen der gesellschaftlichen Debatte um Grenzwerte von Feinstaub und Stickoxiden zu Beginn des Jahres 2019 (Zitate (v. l. n. r. und v. o. n. u.): ZEIT ONLINE, 2019; Simmank, 2019; Kreutzfeldt, 2019; Schnabel, 2019; Köllner, 2019; Schulz, Karrasch, Bölke, Cyrus, Hornberg & Pickford, Schneider, Witt, Hoffmann, 2018; Köhler, Koch, Hetzel & Klingner, 2019).....	87
Abbildung 3: Seminarstruktur SChemTeC.....	94
Abbildung 4: Überblick über die einzelnen Phasen im Seminarablauf.	120
Abbildung 5: Arbeitsauftrag zur Erstellung der Sachanalysen zum SSI Mikroplastik aus Teilstudie 1.....	124
Abbildung 6: Übersicht über die verschiedenen Texte zur Erschließung des Grenzwertbegriffs und seiner Implikationen der ersten Teilstudie.....	126
Abbildung 7: Grenzwerte um Schadstoffe in der Luft: Leitfragen zur Erschließung aus der zweiten Teilstudie.	128
Abbildung 8: Aufgabenstellung zur Erarbeitung der Einbettung des SSI Mikroplastik in die Curricula aus der ersten Teilstudie.....	131
Abbildung 9: Mit dem Seminar erarbeitete Kriterien für die Erstellung der Lernarrangements der ersten Teilstudie.....	132
Abbildung 10: Vorgaben für die Modulabschlussprüfungen (MAP) in Form von Hausarbeiten zur Begründung und Reflexion des entworfenen Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4.	134
Abbildung 11: Ausschnitt aus dem Leitfaden zum Review der Lernarrangements der anderen Gruppen aus Teilstudie 3 zu fachdidaktischen Begutachtungskriterien.	139
Abbildung 12: Überblick über die verwendeten Erhebungsinstrumente und deren zeitliche Verortung im Seminarverlauf.	147
Abbildung 13: Auflistung der Impulsfragen der Reflexionsaufgaben aus Teilstudie 1 zum SSI Mikroplastik, Seminarphase der Wissensaneignung.....	153
Abbildung 14: Aufgabenstellung zur Entwicklung der Lernarrangements in dem Seminar zur Teilstudie 1 und 3 zu Mikroplastik.	165
Abbildung 15: Ablaufmodell der inhaltlichen Strukturierung (in Anlehnung an Mayring, 2015b, S. 104).....	173
Abbildung 16: Prozessmodell induktiver Kategorienbildung (in Anlehnung an Mayring, 2015b, S. 86).....	195
Abbildung 17: Ablaufmodell der skalierenden Strukturierung (in Anlehnung an Mayring, 2015b, S. 107).....	198
Abbildung 18: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens anhand der Fragebögen der Teilstudien 1-3 im Balkendiagramm zum Vergleich der Prä- und Postfragebogenergebnisse.....	217
Abbildung 19: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens anhand der Fragebögen der Teilstudien 1-3 im Balkendiagramm zum Vergleich der Prä- und Postfragebogenergebnisse.....	234
Abbildung 20: Visualisierung der Veränderungen der Kodierungen der Hauptkategorien des Grenzwertwissens anhand der Prä-Post-Fragebögen der Teilstudien 1-3 als Balkendiagramm.	236
Abbildung 21: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI anhand der Fragebögen der Teilstudien 1-3 im Balkendiagramm zum Vergleich der Prä- und Postfragebogenergebnisse.	250
Abbildung 22: Ergebnisse der induktiven Kategorienbildung zu den verwendeten Quellen in den Prä- und Post-Fragebögen summiert über die Teilstudien 1 -3.	258
Abbildung 23: Übersicht über die Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der verschiedenen Wissensbereiche der Teilstudien der Fragebögen als Gitternetz.....	263

Abbildung 24: Übersicht über die Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der verschiedenen Wissensbereiche der Teilstudien der Interviews als Gitternetz.....	265
Abbildung 25: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Ziele der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus als Balkendiagramm.....	274
Abbildung 26: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus als Balkendiagramm.....	276
Abbildung 27: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension fachdidaktisch-methodischen Entscheidung der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Balkendiagramm.....	281
Abbildung 28: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Balkendiagramm.....	285
Abbildung 29: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension handlungsorientierter Arbeitsaufträge der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Balkendiagramm.....	289

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Kodierungen in den Kategorien zum chemischen Wissen der ersten Vorstudie.	89
Tabelle 2: Struktur der Seminarphase Wissensaneignung des Seminars SChemTeC.	95
Tabelle 3: Struktur der Seminarphase Handlungsorientierung des Seminars SChemTeC.	96
Tabelle 4: Struktur der Seminarphase Evaluation des Seminars SChemTeC.	97
Tabelle 5: Kodierungen zum chemischen Wissen der zweiten Vorstudie.	100
Tabelle 6: Kodierungen zum Grenzwertwissen der zweiten Vorstudie.	101
Tabelle 7: Übersicht über die Durchführung des Forschungsprojekts in den einzelnen Teilstudien im Hinblick auf SSI, Beiträge zur Forschungsfrage, die durchgeführten Seminarphasen sowie die eingesetzten Erhebungsinstrumente. <i>Legende: Wa: Wissensaneignung, Va: Vermittlung anbahnen, Vr: Vermittlung reflektieren, Fb: Fragebögen, I: Interviews, R: Reflexionsaufgaben, La: Lernarrangements, MAP: Modulabschlussprüfung als Hausarbeit, MG: Materiale Gestaltung der Lernarrangements.</i>	116
Tabelle 8: Überblick über die vier durchgeführten Teilstudien, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts besprochen werden. <i>Legende: PS: Projektseminar, ATdC: Ausgewählte Themengebiete des Chemieunterrichts, SzfLuK: Seminar zu fachbezogenen Lern- und Kommunikationsprozessen.</i>	118
Tabelle 9: Strukturierung der Seminarphasen in den Teilstudien (Seminarphasen farblich markiert analog zu Abb. 4. Seminarphase Wissensaneignung: dunkel (grün), Seminarphase Vermittlung anbahnen: hell (gelb), Seminarphase Vermittlung reflektieren: ohne Farbschattierung (weiß)).	121
Tabelle 10: Abkürzungen der Erhebungsinstrumentbezeichnungen für die Codeanhänge.	146
Tabelle 11: Überblick über die gestellten Fragen in den Prä- und Post-Fragebögen der Teilstudien.	150
Tabelle 12: Auszug aus dem Interviewleitfaden der problemzentrierten Interviews zum SSI Mikroplastik der Teilstudien 1 und 3.	161
Tabelle 13: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zu den charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik.	175
Tabelle 14: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zur Kategorie CW2 Bildung und Entstehung von Mikroplastik.	176
Tabelle 15: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zur Kategorie CW3 Folgen von Mikroplastik.	177
Tabelle 16: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zu den charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs.	178
Tabelle 17: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zur Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs.	180
Tabelle 18: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zu den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs.	181
Tabelle 19: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens zu den Grenzwertcharakteristika (GW1).	183
Tabelle 20: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens zur Grenzwertsetzung (GW2).	184
Tabelle 21: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen.	185
Tabelle 22: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierungen von Teilstudie 1.	187
Tabelle 23: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierungen von Teilstudie 2.	190
Tabelle 24: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierungen von Teilstudie 3.	192
Tabelle 25: Definitionen der Einschätzungsdimensionen für das Kategoriensystem zur Analyse der Lernarrangements.	199

Tabelle 26: Auszug aus dem Kategoriensystem zur skalierenden Strukturierung zur Analyse der Lernarrangements der Teilstudie 1 an der Niveaus 0 und 1 der Einschätzungsdimension Ziele.	200
Tabelle 27: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierprozesse der Lernarrangements aus Teilstudie 1.	205
Tabelle 28: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierprozesse der Lernarrangements aus Teilstudie 3.	207
Tabelle 29: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierprozesse der Lernarrangements aus Teilstudie 4.	209
Tabelle 30: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens der Fragebögen der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	216
Tabelle 31: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	219
Tabelle 32: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	220
Tabelle 33: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Reflexionsaufgaben zur Seminarphase Wissensaneignung von Teilstudie 1 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, RWa: Reflexionsaufgaben der Phase Wissensaneignung, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	221
Tabelle 34: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW2 zu Bildung und Entstehung von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	222
Tabelle 35: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW2 zu Bildung und Entstehung von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	223
Tabelle 36: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW3 zu den Folgen von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	224
Tabelle 37: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW3 zu Folgen von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews zur Seminarphase Wissensaneignung von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: I: Ko: Kodierungen, Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	226
Tabelle 38: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz). ..	228
Tabelle 39: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu den charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	228
Tabelle 40: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW2 zur Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des	

chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz)..	229
Tabelle 41: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW2 zur Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	229
Tabelle 42: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW3 den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	230
Tabelle 43: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW3 zu den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	231
Tabelle 44: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens der Follow-Up-Interviews im Vergleich zu den Interviews der Teilstudien 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, IFU: Follow-Up-Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	231
Tabelle 45: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	233
Tabelle 46: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie GW1 zu den Grenzwertcharakteristika als Teilaspekt des Grenzwertwissens der Fragebögen der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	235
Tabelle 47: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie GW1 zu den Grenzwertcharakteristika als Teilaspekt des Grenzwertwissens der Interviews und Follow-Up-Interviews von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, IFU: Follow-Up-Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	237
Tabelle 48: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie GW2 zur Grenzwertsetzung als Teilaspekt des Grenzwertwissens der Fragebögen der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	241
Tabelle 49: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie GW2 zur Grenzwertsetzung als Teilaspekt des Grenzwertwissens der Interviews und Follow-Up-Interviews von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, IFU: Follow-Up-Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).	243
Tabelle 50: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu SSI der Fragebögen der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz)..	248
Tabelle 51: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu SSI der Interviews und der Follow-Up-Interviews der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, IFU: Follow-Up-Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).	253
Tabelle 52: Ergebnisse der induktiven Kategorienbildung zu den verwendeten Quellen in den jeweiligen Prä- und Post-Fragebögen der Teilstudien 1-3, sowie die Kodierungen insgesamt (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen).	260
Tabelle 53: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Ziele der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements)	272
Tabelle 54: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Ziele der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	273

Tabelle 55: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	277
Tabelle 56: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	278
Tabelle 57: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension fachdidaktisch-methodischen Entscheidung der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	282
Tabelle 58: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension fachdidaktisch-methodischen Entscheidung der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	282
Tabelle 59: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	286
Tabelle 60: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	287
Tabelle 61: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	290
Tabelle 62: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).	291
Tabelle 63: Vergleich der gebildeten Ränge zwischen den Postfragebögen und den Lernarrangements aus Teilstudie 1 (oberer Rang ohne Farbschattierung, mittlerer Rang hell (Gelb), unterer Rang dunkel (Rot)).	294
Tabelle 64: Vergleich der Ränge zwischen den Postfragebögen und den Lernarrangements aus Teilstudie 3 (oberer Rang ohne Farbschattierung, mittlerer Rang hell (Gelb), unterer Rang dunkel (Rot)).	295
Tabelle 65: Anzahl kodierter Aussagen der Teilstudien 1, 3 und 4 für die Oberkategorien "Zustimmung", "Ablehnung" und "Zustimmung mit Einschränkung".	298
Tabelle 66: Teilnehmer mit nicht kodierbaren Aussagen im Verlauf der Erhebungsinstrumente der Teilstudie 3 (MP2).	299
Tabelle 67: Teilnehmer mit eingeschränkter Zustimmung im Verlauf von Teilstudie 3 (MP2)..	300
Tabelle 68: Einstellung der Teilnehmenden mit eingeschränkter Zustimmung über den Verlauf der Erhebungsinstrumente für Teilstudie 1.	301
Tabelle 69: Teilnehmer mit nicht kodierbaren Aussagen im Verlauf der Erhebungsinstrumente der Teilstudie 4.	301
Tabelle 70: Einstellung der Teilnehmenden mit eingeschränkter Zustimmung über den Verlauf der Erhebungsinstrumente für Teilstudie 4.	302
Tabelle 71: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu Lernmöglichkeiten für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).	307
Tabelle 72: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Beiträge zum Umgang mit Medien“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).	309
Tabelle 73: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Inhaltliche Aspekte Mikroplastik“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).	311
Tabelle 74: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Schwierigkeiten“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).	312
Tabelle 75: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Konkrete Ideen zur Vermittlung“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).	315

Tabelle 76: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).	317
Tabelle 77: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Möglichkeiten zur Unterrichtsanbindung“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).	318
Tabelle 78: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).	319
Tabelle 79: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Inhaltliche Aspekte Nitrate“ für Teilstudie 4.	320
Tabelle 80: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Schwierigkeiten“ für Teilstudie 4.	321
Tabelle 81: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Konkrete Ideen zur Vermittlung“ für Teilstudie 4.	322
Tabelle 82: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln“ für Teilstudie 4.	323
Tabelle 83: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Möglichkeiten zur Unterrichtsanbindung“ für Teilstudie 4.	323
Tabelle 84: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte“ für Teilstudie 4.	324

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
A	Annahme
Anm. d. Verf.	Anmerkung des Verfassers
Art.	Artikel
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
bspw.	Beispielsweise
ca.	circa
d. h.	das heißt
F1	Forschungsfrage 1
F2	Forschungsfrage 2
GG	Grundgesetz
i. d. R.	in der Regel
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Kap.	Kapitel
KMK	Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland
NoS	Nature of Science
NRW	Nordrhein-Westfalen
o. Ä.	oder Ähnliches
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PISA	Programme for International Student Assessment
S.	Seite
s.	siehe
SCChemTeC	Smart Chemistry Teachers Cologne
SSI	Socioscientific Issues
Tab.	Tabelle
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study
u.	und
u. A.	unter Anderem
u. v. m	und vieles mehr
v. l. n. r.	von links nach rechts
v. o. n. u.	von oben nach unten
vgl.	Vergleiche

Kurzzusammenfassung

Der OECD-Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung folgend, sollen Lernende naturwissenschaftliches Wissen zur fundierten Partizipation an gesellschaftlich relevanten Diskursen nutzen, um Veränderungen in der natürlichen Welt zu verstehen und an entsprechenden Entscheidungsprozessen erfolgreich mitzuwirken. Konkret zielt eine naturwissenschaftliche Grundbildung damit auf eine Orientierung in der Lebenswelt ab, doch diese ist etwa in Bezug auf gesellschaftliche Herausforderungen, wie Mikroplastik, Nitrate oder Schadstoffe in der Luft, durch verschiedene und kontroverse Perspektiven geprägt, zu deren Beurteilung neben naturwissenschaftlichen Aspekten auch politische, soziale und wirtschaftliche Belange notwendig sind. Eine Möglichkeit, um diese Implikationen einzulösen, stellen die sogenannten Socioscientific Issues (SSI) dar. Sie bieten einen Rahmen für die Thematisierung gegenwärtiger, kontroverser und lebensrelevanter gesellschaftlicher Problemstellungen, die konzeptionell mit den Naturwissenschaften verbunden und dessen Problemlösungen unbestimmt sind. Durch die Thematisierung von Grenzwerten in der Chemielehr*innenbildung werden chemische und naturwissenschaftliche Erkenntnisse mit gesellschaftlichen Fragestellungen verknüpft, dabei finden ethische, wirtschaftliche und politische Aspekte Berücksichtigung. Durch diese Einbindung können komplexe Risiken als SSI diskutiert werden, was unterschiedliche Perspektiven und Interessen der Akteure beleuchtet. Dadurch können die Chemielehramtsstudierenden exemplarisch zur Partizipation an SSI befähigt werden. Wenn der weinertsche Kompetenzbegriff zugrunde gelegt wird, kann Kompetenz als eine Disposition aufgefasst werden, die zur Lösung von verschiedenen Problemen in Anforderungssituationen befähigt. Um der Verantwortung zur Vermittlung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI nachzukommen, sind Chemielehramtsstudierende durch ihre Ausbildung jedoch eher schlecht vorbereitet. Die angehenden Chemielehrer*innen müssen zunächst selbst auf einer breiten fachlichen Grundlage zur Partizipation an SSI befähigt sein, um darauf aufbauend Vermittlungsprozesse didaktisch planen, erproben und reflektieren zu können. Daher wurden in diesem Forschungsprojekt in einem qualitativen Setting insgesamt vier Teilstudien in einer Interventionsstudie durchgeführt. Das speziell konstruierte Lehrangebot wurde phasiert organisiert, so dass mit einer Phase der Wissensaneignung gestartet worden ist, an die sich die Phasen Vermittlung anbahnen und Vermittlung reflektieren anschlossen. Die Chemielehramtsstudierenden haben in Form von Lernarrangements Vermittlungsprozesse zu SSI exemplarisch konstruiert und begründet. Zur Auswertung dieser Lernarrangements wurde ein eigens entwickeltes Kategoriensystem mit verschiedenen Niveaustufen genutzt. Durch die Erforschung der Wirkungen des speziellen Lehrangebots kann konstatiert werden, dass die Befähigung der Chemielehramtsstudierenden im Hinblick auf chemisches Wissen, Wissen um Grenzwerte und zur Reflexion naturwissenschaftlicher

Erkenntnisse zu SSI gelungen ist, da sie nach dem Seminar über deutlich mehr Wissen verfügten als vorher.

Neben der Befähigung zur Partizipation an Diskursen um SSI konnte das spezielle Lehrangebot bei den Chemielehramtsstudierenden Kompetenzen zur Vermittlung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI fördern. Die von den Chemielehramtsstudierenden konstruierten Lernarrangements zu verschiedenen Aspekten der SSI konnten über das erstellte Kategoriensystem niveaubasiert erforscht werden, sodass bilanziert werden kann, dass ein großer Teil der Chemielehramtsstudierenden in der Lage ist, adäquate Lernarrangements zu konstruieren. Neben dem konkreten Begründen von Vermittlungsprozessen wurden auch motivationale und volitionale Aspekte zur Vermittlung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI untersucht. Die Chemielehramtsstudierenden aus den Teilstudien waren grundsätzlich zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI bereit, nannten verschiedene Möglichkeiten der Unterrichtsanknüpfung und konnten dies didaktisch umsetzen.

Abstract

In accordance with the OECD definition of scientific literacy, learners should use scientific knowledge to participate in socially relevant discourses, understand changes in the natural world, and successfully contribute to decision-making processes. Scientific literacy aims at orientation in everyday life, but this is shaped by different and controversial perspectives, especially regarding societal challenges such as microplastics, nitrates, or air pollutants, which require not only scientific knowledge but also political, social, and economic considerations for their evaluation. One way to address these implications are Socioscientific Issues (SSI), which provide a framework for discussing current, controversial, and life-relevant societal problems that are conceptually connected to science and have uncertain solutions. By addressing limit values in chemistry teacher education, chemical and scientific knowledge becomes linked to societal issues, considering ethical, economic, and political aspects. This integration allows a discussion of complex risks as SSI, highlighting various perspectives and interests of stakeholders. This enables preservice chemistry teachers to participate in SSI. If Weinert's concept of competence is taken as a basis, competence can be understood as a disposition that enables the solution of various problems in demand situations. To fulfill the responsibility of conveying participation-oriented scientific literacy through SSI, preservice chemistry teachers are rather poorly prepared through their education. Preservice chemistry teachers must first be empowered on a broad subject-based basis in chemistry to participate in SSI, be able to plan, test, and reflect on mediation processes didactically. Therefore, this research project conducted a total of four sub-studies in an intervention study with a qualitative setting. The designed teaching offer was organized in phases, starting with a phase of knowledge acquisition, followed by phases of mediation processes and reflection on mediation processes. Chemistry teacher students constructed and justified mediation processes for SSI in the form of learning arrangements. A specially developed category system with different levels was used to evaluate these learning arrangements. Through the investigation of effects of the special teaching offer, it can be stated that the empowerment of the chemistry teacher students about chemical knowledge, knowledge of limit values, and reflection on scientific knowledge on SSI was successful, as they had significantly more knowledge after the seminar than before. In addition to the empowerment to participate in discourses about SSI, the special teaching offer was able to promote competencies for conveying participation-oriented scientific literacy through SSI among the chemistry teacher students. The learning arrangements, which were constructed by the chemistry teacher students on various aspects of SSI, could be analyzed by a level-based created category system. It can be concluded that a large part of chemistry teacher students are able to construct adequate learning arrangements. In addition to the concrete justification of mediation processes, motivational and volitional aspects of conveying participation-oriented scientific literacy through SSI were also investigated. Chemistry

teacher students from the sub-studies were generally willing to convey scientific literacy through SSI, named various possibilities for anchoring in teaching, and were able to implement this didactically.

1 Einleitung

Themen der Umweltzerstörung und des Umweltschutzes haben fast ausnahmslos auch einen chemischen Kontext und werden gesellschaftlich und politisch stark diskutiert. Es ist daher unabdingbar, dass die Lernenden ein chemisches Grundverständnis der Eigenschaften von Stoffen und Produkten und insbesondere möglicher persönlicher wie auch ökologischer Gefährdungen durch diese entwickeln. Insbesondere die gesundheitliche, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Einschätzung und Bewertung von Stoffen und Sachverhalten fordert eine Kompetenzentwicklung der Lernenden im Fach Chemie (KMK, 2020, S. 11).

Das diese Arbeit leitende Zitat aus den Bildungsstandards Chemie für die allgemeine Hochschulreife aus dem Jahr 2020 (KMK, 2020) fokussiert Themen der Umweltzerstörung und des Umweltschutzes mit ihren Implikationen für die Chemie, Naturwissenschaften, Gesellschaft und Politik. Es werden demnach in dieser zentralen Lenkungspublication für Chemieunterricht Socioscientific Issues (SSI), auch wenn sie als diese nicht expressis verbis benannt werden, als ein zentraler Gegenstand gegenwärtigen und zukünftigen Chemieunterrichts gerechtfertigt. SSI bieten aus fachdidaktischer Sicht einen Rahmen für die Thematisierung gegenwärtiger, kontroverser und lebensrelevanter gesellschaftlicher Problemstellungen, die konzeptionell mit den Naturwissenschaften verbunden sind und dessen Problemlösungen unbestimmt sind (Hancock et al., 2019; Zeidler et al., 2019; Chen & Xiao, 2021). Der ursprünglichen OECD-Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung (OECD, 1999) folgend, sollen Lernende naturwissenschaftliches Wissen zur fundierten Partizipation an gesellschaftlich relevanten Diskursen nutzen, um Veränderungen in der natürlichen Welt zu verstehen und an entsprechenden Entscheidungsprozessen erfolgreich mitzuwirken. Daher ist es für demokratische Gesellschaften von zentraler Bedeutung, dass ihre Bürger*innen naturwissenschaftlich kompetent sind, um an Diskursen und gesellschaftspolitischen Entscheidungsprozessen partizipieren zu können (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Zeidler, 2014). Dies begründet sich damit, dass in zunehmend wissenschaftlich geprägten gesellschaftlichen Diskursen und Entscheidungsprozessen ein vernetztes chemisches (Fach-) Wissen notwendig ist, welches fachlich begründet durch den Chemieunterricht angeleitet vermittelt werden kann (Hodson, 2003; Berkowitz & Simmons, 2003; Roth & Désautels, 2004).

Die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, damit auch die Befähigung zur Partizipation an SSI, obliegt im Fach Chemie den Chemielehrer*innen. Um diese jedoch leisten zu können, müssen die Chemielehrer*innen nicht nur entsprechend ausgebildet sein, sie müssen zunächst selbst dazu befähigt worden sein, an gesellschaftlich relevanten Diskursen um SSI zu partizipieren. Dazu müssen sowohl ein solides vernetztes Fachwissen zur Problemanalyse als auch Ver-

mittlungskompetenzen zur didaktischen Transformation vorhanden sein. Damit rücken das Arrangieren von Anforderungssituationen durch Lehrende und das Bewältigen von diesen durch Lernende in den Fokus. Um der Verantwortung zur Vermittlung einer SSI-reflexiven naturwissenschaftlichen Grundbildung nachzukommen, sind Chemielehramtsstudierende durch ihre Ausbildung jedoch eher schlecht vorbereitet (Saunders & Rennie, 2013; Tidemand & Nielsen, 2017; Herman, Feldmann & Vernaza-Hernandez, 2017; Chen & Xiao, 2021), weshalb in diesem Forschungsprojekt eine Intervention für Chemielehramtsstudierende konstruiert, erprobt und erforscht worden ist (Anton & Reiners, 2022; ebd., 2022b; ebd., 2022c; ebd., 2023; ebd., 2024).

Wie dem Titel dieser Arbeit zu entnehmen ist, wird der Fokus dieser Arbeit auf der Ermöglichung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung in der Chemielehrer*innenbildung mit besonderem Fokus auf die Analyse und Reflexion der Vermittlungsperspektive und ihren fachdidaktischen Implikationen liegen. Um eine partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln, werden in dieser Arbeit SSI als zentraler Gegenstand herangezogen. Die Bildungsstandards im Fach Chemie (etwa KMK, 2020; KMK, 2024) benennen, wie am Anfang der Einleitung gezeigt, SSI als zentrale Elemente – um SSI zu vermitteln müssen die Chemielehrer*innen in der ersten Phase der Chemielehrer*innenbildung darauf vorbereitet werden. Diese Vorbereitung schließt eine fachliche, aber auch eine fachdidaktische Perspektive ein. Aus fachlicher Sicht müssen bei SSI nicht nur chemische Wissensinhalte herangezogen werden, es müssen auch naturwissenschaftliche, politische und gesellschaftliche Aspekte betrachtet und reflektiert werden. Aus fachdidaktischer Sicht müssen bei der Vermittlung von SSI bestimmte Aspekte beachtet werden, wie bspw. Aspekte der Befähigung der Partizipation unter Beachtung der Leitsätze der politischen Bildung oder auch dialogische Vermittlungsansätze zur Perspektivierung demokratischer Meinungsbildung im Chemieunterricht (besonders im Kompetenzbereich Bewertung). Dazu besteht in der Fachdidaktik Chemie gegenwärtig eine Forschungslücke (vgl. Kap. 3.3), derer sich in diesem Forschungsprojekt angenommen wird. Dabei geht es um Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftlicher Grundbildung und SSI unter Beachtung der Bildungsziele und -konzeptionen sowie der gesellschaftlichen Dimensionen von Chemieunterricht. Eine partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung (vgl. Kap. 2.2) nutzt als Schlüssel zur Befähigung zur gesellschaftlichen Partizipation SSI. Die Lernenden selbst haben ein Interesse an SSI, was zahlreiche Jugendstudien belegen, doch verfügen sie nicht durchweg über das zur Partizipation notwendige Wissen, was jedoch eine partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung mit entsprechend gebildeten Lehrkräften vermitteln kann. Für die Akteure didaktischer Transformati-

onsprozesse sind daher im Chemieunterricht eher geisteswissenschaftlich geprägte dialogische Vermittlungsansätze zur Schaffung einer aktiven Beteiligung ein Mittel der Wahl, wobei die Implikationen der politischen Bildung für den Chemieunterricht reflektiert werden.

In einer Voruntersuchung zum Forschungsprojekt (vgl. Kap. 3.1) wurden am Beispiel der Schadstoffe in der Luft Chemielehramtsstudierende zu ihrem Wissen zu diesem SSI befragt. Vor dem Hintergrund dieser Schlussfolgerungen wurde unter Förderung der Stadt Köln die Vorstudie SChemTeC (vgl. Kap. 3.2) konzipiert, erprobt und analysiert. Hierbei fand an der Universität ein spezielles Fachdidaktikseminar mit dem Fokus auf Schadstoffe in der Luft als SSI statt. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde dieses Forschungsprojekt konzipiert. Hervorzuheben ist hierbei das gestaltete Lehrangebot, was als zentraler Gegenstand dieser Interventionsstudie in drei Phasen (Wissensaneignung, Vermittlung anbahnen, Vermittlung reflektieren) unterteilt ist. Die Veränderungen in Bezug auf die Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden wurden innerhalb eines qualitativen Settings mit den Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse untersucht. Die Ergebnisse der Teilstudien werden entlang der beiden Forschungsfragen strukturiert. In Kapitel 5 werden die Ergebnisse zur Befähigung zur Partizipation an Diskursen um SSI und in Kapitel 6 die Ergebnisse zur Förderung von Kompetenzen zur Vermittlung einer SSI bezogenen partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung analysiert und reflektiert. Im Anschluss daran folgt in Kapitel 7 ein Fazit zum Forschungsprojekt. Dabei werden die in Kapitel 3.3 vorgestellten Forschungsfragen beantwortet.

Durch die vorliegende Arbeit mit ihrer differenzierten Verzahnung einer theoretischen Grundlegung mit empirischen Untersuchungen der Kompetenzen von Chemielehramtsstudierenden zur Vermittlung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI werden Möglichkeiten zur Befähigung zur Partizipation an Diskursen um ausgewählte SSI und zur Vermittlung von SSI im Chemieunterricht eröffnet und ein Seminarkonzept diesbezüglich empirisch erforscht. Die Chemielehramtsstudierenden werden exemplarisch an ausgewählten SSI zur Partizipation und zur Vermittlung in ihrem späteren Chemieunterricht befähigt. Dabei nehmen die empirisch untersuchten Lernarrangements der Chemielehramtsstudierenden eine Doppelfunktion als Datenerhebungs- und als Befähigungsinstrument ein.

2 Theoretische Grundlagen

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur übergeordneten Leitfrage, wie Chemielehramtsstudierende durch ein spezielles Lehrangebot gefördert werden können, eine naturwissenschaftliche Grundbildung anhand von SSI zu vermitteln. Die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Grundbildung in Deutschland ist geprägt von tiefgreifenden Veränderungen, die durch internationale Vergleichsstudien, wie PISA und TIMSS, und internationale Bestrebungen, die unter den Terminus *scientific literacy* gefasst werden, ausgelöst wurden. Die Entwicklung des Bildungsbeitrags der Naturwissenschaften in den Lehrplänen hin zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung spiegelt historische Veränderungen und im Zeitenverlauf entstandene Konzeptionen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung wider, wobei die Konzeption der Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) als besonders maßgeblich anzusehen ist.

2.1 Naturwissenschaftliche Grundbildung und Socioscientific Issues (SSI)

Eine wesentliche Veränderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die naturwissenschaftliche Grundbildung besteht in der Abkehr von der reinen Wissensvermittlung (Inputorientierung) hin zur Förderung von Kompetenzen und deren Anwendung in der Lebenswelt (Outputorientierung). Diese Umstellung wird durch bundeseinheitliche Bildungsstandards (KMK, 2005; KMK, 2020; KMK, 2024) vorangetrieben, die den Fokus darauf legen, dass Lernende befähigt werden, als selbstbestimmte und mündige Bürger*innen zu leben und als solche in der Lage sind, sich konstruktiv in der Gesellschaft zu engagieren. Der Kompetenzbegriff (Weinert, 2001), als zentraler Baustein der Bildungsstandards und kompetenzorientierten Kernlehrpläne, umfasst kognitive Fähigkeiten, Handlungsbereitschaften und soziale Fertigkeiten – sodass nicht nur fachliche, sondern auch fachübergreifende Kompetenzen eine entscheidende Rolle spielen.

Reformen des naturwissenschaftlichen Unterrichts betonen, dass Schüler*innen eine praktische und sinnvolle Sicht auf die Naturwissenschaften haben sollen. Ein fundiertes Verständnis der Folgen wissenschaftlicher Entwicklungen für die Gesellschaft wird als notwendige Voraussetzung angesehen, dass verantwortungsbewusste Mitglieder der Gesellschaft gute Entscheidungen treffen und ihr Leben bereichern können (Sadler & Zeidler, 2009). Der OECD-Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung (OECD, 1999) folgend, sollen Lernende naturwissenschaftliches Wissen zur fundierten Partizipation an gesellschaftlich relevanten Diskursen nutzen, um Veränderungen in der natürlichen Welt zu verstehen und an entsprechenden Entscheidungsprozessen er-

folgreich mitzuwirken. Konkret zielt eine naturwissenschaftliche Grundbildung damit auf eine Orientierung in der Lebenswelt ab, doch diese ist etwa in Bezug auf *gesellschaftliche Herausforderungen*, wie Mikroplastik, Klimawandel oder Nitratbelastungen, durch verschiedene und kontroverse Perspektiven geprägt, zu deren Beurteilung neben naturwissenschaftlichen Aspekten auch politische, soziale und wirtschaftliche Belange notwendig sind. Eine Möglichkeit, um diese Implikationen einzulösen, stellen die sogenannten *Socioscientific Issues (SSI)* (Sadler et al., 2007) dar.

2.1.1 Naturwissenschaftliche Grundbildung als Bildungsziel

Die naturwissenschaftliche Grundbildung stellt in der Naturwissenschaftsdidaktik das grundlegende Bildungsziel (Gräber et al., 2002) dar. Ihre Vermittlung ist die zentrale Aufgabe der allgemeinbildenden Schule (Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019). In der Bundesrepublik Deutschland ist der Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung durch die Bildungsstandards (KMK, 2005; KMK, 2020; KMK, 2024) als Bildungsziel innerhalb deutscher Curricula manifestiert worden. International wird die Bildungsidee zur deutschen naturwissenschaftlichen Grundbildung unter dem Begriff „Scientific Literacy“ gefasst und als umfassendes Rahmenkonzept zur Orientierung für die Bildungspolitik im Allgemeinen und für die naturwissenschaftliche Bildung im Besonderen aufgefasst (Siarova et al., 2019).

Für den Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung gibt es eine Vielzahl an Definitionen und Auslegungen, die je nach Studie oder Verortung voneinander abweichen (Sjöström & Eilks, 2017). Nach Osborne (2023) hat die Konzeption der OECD im Kontext der PISA-Studien heutzutage das größte Gewicht, denn sie wird für die Bewertung der naturwissenschaftlichen Grundbildung für die alle drei Jahre durchgeführten Tests für das Programme for International Student Achievement (PISA) verwendet und ist damit Grundlage für Tests in über 80 Ländern. Im Kontext der ersten PISA-Studie wurde der Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung unter Berücksichtigung entsprechender Literatur mit der folgenden Definition gefasst:

Scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity (OECD, 1999, S. 60).

An dieser Definition wird deutlich, dass Lernende über grundlegende naturwissenschaftliche Kenntnisse verfügen sollen und in der Lage sein sollen, diese zu nutzen, um in ihrem alltäglichen Leben begründet an gesellschaftlichen Diskursen partizipieren zu können (Harlen, 2001a; Harlen,

2001b). Es wird klar umrissen, dass die Lernenden als (zukünftige) Bürger*innen verstehen müssen, wie sie ihr Leben verbessern können (Harlen, 2001b) und zwar nicht nur dadurch, dass sie etwas wissen und verstehen, sondern auch über Vorstellungen verfügen, wie sie auf Grundlage ihres Wissens handeln können (Rychen & Salganik, 2005; Osborne, 2023). Es braucht grundlegendes wissenschaftliches Faktenwissen über Begrifflichkeiten und Zusammenhänge, welches dann nicht um seiner selbst willen vermittelt werden soll, sondern um sich in der Lebenswelt individuell zu orientieren und auch gemeinschaftlich zu engagieren (Harlen, 2001b). Dabei wird in der Formulierung “understand and help make decisions“ (OECD, 1999, S. 60) offenbar, dass wissenschaftliches Wissen zur Entscheidungsfindung beitragen kann, sie aber nicht bestimmt (Harlen, 2001a). Auch wird durch diese Definition deutlich, dass naturwissenschaftliche Grundbildung lebenslang angelegt ist, ihren Ausgang in der Schule nimmt und als allgemeine Kompetenz aufgefasst wird, welche über ein Wissen zur Funktionsweise von Naturwissenschaften hinausgeht, sodass die Lernenden ihr wissenschaftliches Wissen und Denken auf Probleme, Themen und Situationen “in the real world“ (ebd., S. 91) anwenden können sollen. Harlen (2001a), die das OECD-Konzept mitgeprägt hat, nennt zur Beurteilung der naturwissenschaftlichen Grundbildung in der ersten PISA-Studie die *Anwendungsbereiche*: Naturwissenschaften in Bezug auf Leben und Gesundheit, Erde und Umwelt sowie Technologien. Dabei sollen sich die Vermittlungsprozesse auf Probleme der realen Welt beziehen, wie in Bezug auf Einzelpersonen (etwa in Bezug auf den Nahrungsmittel- und Energieverbrauch), die Mitgliedschaft in einer lokalen Gemeinschaft (etwa in Bezug auf die Aufbereitung der Wasserversorgung oder den Standort eines Kraftwerks), die Weltbürgerschaft (etwa in Bezug auf die globale Erwärmung oder den Rückgang der Artenvielfalt) oder in Bezug auf historische Ereignisse aus den Naturwissenschaften, die dabei helfen können, die Funktionsweise und die Zusammenhänge von Wissenschaften zu veranschaulichen (Harlen, 2001a; Harlen, 2001b). Im Zuge der PISA-Studien sind diese Anwendungsbereiche grundlegend erhalten geblieben, sie wurden jedoch stetig erweitert. Beispielsweise fanden in der Studie PISA 2018 folgende Anwendungsbereiche Verwendung: Gesundheit und Krankheit, natürliche Ressourcen, Umweltqualität, Gefahren und die Grenzen von Wissenschaft und Technologie (OECD, 2019). Die Ähnlichkeiten zur ersten Studie sind gegeben, doch fanden Explizierungen der allgemein gehaltenen Aspekte statt.

Die PISA-Studien haben das Ziel, dass alle drei Jahre 15-jährige Schüler*innen in den teilnehmenden Ländern im Hinblick auf Lesekompetenz, mathematische Kompetenz und naturwissenschaftliche Kompetenz getestet werden. Dazu ist 1999 von der OECD die obige Definition naturwissenschaftlicher Grundbildung konzeptionalisiert worden und sie wurde leitend für die Aufgaben-

konstruktion. Im Rahmen der Testungen der PISA-Studien wird das Konstrukt der naturwissenschaftlichen Grundbildung unabhängig davon, ob diese Ziele auch in den nationalen Curricula stehen, umgesetzt. Dabei wird Wert auf Kompetenzen gelegt, die zur erfolgreichen Bewältigung eines zukünftigen Lebens als Bürger einer demokratischen Gesellschaft lebenslang notwendig sind (Harlen, 2001a; Harlen, 2001b). Harlen (2001b) hebt hervor, dass die OECD-Konzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung im Vergleich zu anderen Konzeptionen Menschen nicht kategorisiert in gebildete oder ungebildete Menschen, vielmehr gibt es einen Übergang von weniger zu stärker entwickelten Formen der naturwissenschaftlichen Grundbildung. Im Verlauf der PISA-Studien hat es immer wieder Abwandlungen und Änderungen gegeben, doch sind auch in der Konzeption der Studie PISA 2018 weiterhin Situationen (persönlich, regional, global), in denen Naturwissenschaften und Technik eine Rolle spielen, erhalten geblieben und zur Bewältigung dieser Situationen bedarf es der Teilkompetenzen Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären, naturwissenschaftliche Forschung zu planen und zu bewerten sowie Daten und Evidenzen naturwissenschaftlich zu interpretieren (OECD, 2019; Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019). Grundlage für diese Teilkompetenzen bilden zum einen die Wissensbereiche konzeptuelles („wissen, dass“), prozedurales („wissen, wie“) und epistemisches Wissen („Verständnis der Bedeutung wichtiger charakteristischer Eigenschaften der Naturwissenschaften und deren Funktionen beim Generieren naturwissenschaftlichen Wissens“ (Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019, S. 214)) sowie motivationale Orientierungen und Einstellungen zu den Naturwissenschaften, wie das Interesse an Naturwissenschaften, die Wertschätzung naturwissenschaftlicher Herangehensweisen zur Erkenntnisgewinnung oder das Verantwortungsbewusstsein der Umwelt gegenüber (ebd.). Etwa die Ergebnisse von PISA 2022 sind für Deutschland im Durchschnitt schlechter ausgefallen als 2018 und es handelt sich um die niedrigsten Werte seit Beginn der Messungen (OECD, 2023a; OECD, 2023b). Diese Ergebnisse mögen zu Schockmomenten führen, können aber auch genutzt werden, um die Relevanz der universitären Chemielehrer*innenbildung zu unterstreichen. Denn die Chemielehrer*innen vermitteln ihren Lernenden die Kompetenzen, sie müssen also auch in der Lage sein, gegenwärtige gesellschaftliche Herausforderungen als SSI im Kontext von naturwissenschaftlicher Grundbildung zu thematisieren. Damit wird die Fachdidaktik zentral, denn Innovationen in der Chemielehrer*innenbildung, wie Bildungsangebote zur Vermittlung einer SSI bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung, können die Grundlagen für zukünftig bessere Ergebnisse in PISA legen.

2.1.2 Konzeptionen naturwissenschaftlicher Grundbildung

Der Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist keineswegs gänzlich neu, denn schon Anfang der 1960er Jahre gab es Bestrebungen, eine naturwissenschaftliche Grundbildung als etwas

zu definieren, was für die Lernenden zur Bewältigung ihres Lebens von Bedeutung ist, unabhängig davon, ob sie Naturwissenschaftler*innen werden wollen oder nicht (vgl. Fitzpatrick, 1960; Johnson, 1962; dazu: DeBoer, 2000). Die Naturwissenschaften haben im Vergleich zur Mathematik eine gänzlich andere Geschichte in den Lehrplänen der Schule, denn die Naturwissenschaften wurden historisch in der Oberstufe eingeführt, um denjenigen Lernenden, die ein naturwissenschaftliches Studium anstrebten, erste Begegnungen zu ermöglichen (Fensham, 2002). Mit dem sog. Sputnik-Schock erhielt in den Vereinigten Staaten von Amerika die Idee, dass alle Bürger*innen über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügen sollten, eine stärkere Bedeutung. Bestrebungen, die Naturwissenschaften allen Lernenden in der Schule zugänglich zu machen, nahmen zu (Laugksch, 2000) und es kam im Laufe der 1960er Jahren zu Reformen bezogen auf die Vermittlung von naturwissenschaftlichem Wissen in den Schulen (Fensham, 2005). Im Laufe der 1980er Jahre kam es zu breiten gesellschaftlichen und internationalen Bestrebungen, dass alle Lernenden ein Grundverständnis von Naturwissenschaften durch die Schule erlangen sollten, um in der Öffentlichkeit ein breites Verständnis der Naturwissenschaften zu erlangen, die gemeinsam mit modernen Technologien die Lebenswelt erheblich veränderten (ebd.).

Eine Forscher*innengruppe um Milton Pella (Pella, O'Hearn & Gale, 1966) versuchte aus den verschiedenen Definitionen naturwissenschaftlicher Grundbildung zu synthetisieren, was eine *naturwissenschaftlich gebildete Person auszeichne*: Sie habe ein Verständnis für die Grundkonzepte der Wissenschaft, für die Natur der Naturwissenschaften, für die Ethik, die eine forschende Person bei ihrer Arbeit steuert, für die Wechselbeziehungen zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaft, für die Wechselbeziehungen zwischen Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften sowie für Unterschiede zwischen Naturwissenschaften und Technologie (Pella, O'Hearn & Gale, 1966). Aufbauend auf diesen Arbeiten versuchten Agin (1974) und Gabel (1976) weitere Konkretisierungen, die jedoch immer kleinschrittiger wurden.

Hervorzuheben ist der Ansatz von Shen (1975), der dezidiert anhand von drei Aspekten herausgestellt hat, was eine naturwissenschaftliche Grundbildung Lernenden ermöglichen kann: Erstens eine naturwissenschaftliche Grundbildung ist *praktisch*, weil das wissenschaftliche Wissen zur Lösung von Problemen (bspw. in Bezug auf Gesundheit) genutzt werden kann, zweitens eine naturwissenschaftliche Grundbildung ist *bürgerlich*, weil sie den Bürger*innen ermöglicht, Wissenschaft und wissenschaftsbezogene Fragen besser zu verstehen, um sich begründeter in demokratische Prozesse eines Staates einzubringen, drittens eine naturwissenschaftliche Grundbildung ist *kulturell*, weil es eine große menschliche Errungenschaft ist, etwas über die Wissenschaft zu erfahren (Shen, 1975). Nach Shen (ebd.) ist naturwissenschaftliche Grundbildung definiert:

as an acquaintance with science, technology, and medicine, popularized to various degrees, on the part of the general public and special sectors of the public through information in the mass media and education in and out of schools (Shen, 1975, S. 45 f.).

Shen hat mit seiner Definition von naturwissenschaftlicher Grundbildung und den drei Aspekten, die durch eine naturwissenschaftliche Grundbildung geschaffen werden, die Bezüge der Naturwissenschaften in die Lebenswelt hervorgehoben.

Shamos (1995) und Bybee (1997) verfolgen einen Typen- und Ebenen-Ansatz, hier werden verschiedene Ebenen hierarchisch angeordnet. Shamos (1995) ist der Auffassung, dass ein unterschiedliches Maß an Naturwissenschaften notwendig sei, um die drei Typen naturwissenschaftlicher Grundbildung von Shen (1975) zu erreichen. Bei Shamos (1995) baut sich naturwissenschaftliche Grundbildung vom Verständnis bestimmter Grundinformationen über das Verständnis von wissenschaftlichen Zusammenhängen hin zu einem vollständigen Verständnis über wissenschaftliche Forschung auf. Die inhaltliche Komplexität nimmt jeweils zu und bei der letzten Ebene handelt es sich laut Shamos (1995) um die anspruchsvollste Ebene, deren Erreichung im naturwissenschaftlichen Unterricht unwahrscheinlich sei. Nach Bybee (1997) lässt sich naturwissenschaftliche Grundbildung als Kontinuum, an dem ein Individuum entlangschreitet und weniger als Endzustand, auffassen. Bei seinem Modell handelt es sich um verschiedene aufeinander aufbauende Stufen, die wiederum aufbauen auf vorhergehende Arbeiten von Pella et al. (1966) oder Agin (1974). Sein Modell (Bybee, 1997, S. 84f.; McComas, 2014, S. 92) beinhaltet folgende Stufen:

- *Nominale naturwissenschaftliche Grundbildung:* Lernende erkennen naturwissenschaftliche Sachverhalte und Begriffe, jedoch bestehen in Bezug auf Einzelheiten erhebliche Unsicherheiten und teilweise naive Vorstellungen.
- *Funktionale naturwissenschaftliche Grundbildung:* Lernende können naturwissenschaftliche Fachbegriffe angemessen nutzen und definieren.
- *Konzeptionelle und prozedurale naturwissenschaftliche Grundbildung:* Lernende verstehen naturwissenschaftliche Konzepte, Zusammenhänge und Prinzipien grundlegend und verfügen über grundlegende naturwissenschaftliche Fertigkeiten.
- *Multidimensionale naturwissenschaftliche Grundbildung:* Lernende verstehen vertiefende Aspekte der Naturwissenschaften, kennen die Geschichte und das Wesen der Naturwissenschaften, haben vertiefte Vorstellungen von Zusammenhängen und Beziehungen von Naturwissenschaften und Gesellschaft.

Bybee (1997) vertritt hier eine Idee, die auf einer Zunahme der Komplexität als auch auf chronologischer Entwicklung einer fachwissenschaftlichen Perspektive beruht. Die Ebene der Lebenswelt hält erst Einzug in der multidimensionalen naturwissenschaftlichen Grundbildung, die am Ende der aufeinander aufbauenden Stufen steht. Bybee (1997) möchte mit seiner Konzeption alle Lernenden ansprechen, geht aber davon aus, dass nicht alle Lernenden sämtliche Stufen erreichen können, sodass seine Stufenkonzeption als umfassende Sammlung von Möglichkeiten, die erreicht werden können, zu sehen ist.

Die schon thematisierte OECD-Konzeptionalisierung naturwissenschaftlicher Grundbildung (OECD, 1999) zielt auf die Anwendung erworbener Kompetenzen in der Lebenswelt auf Grundlage fachlichen Wissens ab. Dabei ist hervorzuheben, dass sich gerade gesellschaftlich relevante Kontexte anhand ihrer durch die Lebenswelt geprägten Diskurse durch naturwissenschaftliche Grundbildung der OECD-Konzeption thematisieren lassen. Daher wird sich in dieser Arbeit an der OECD-Konzeptionalisierung für PISA 2000 (OECD, 1999) orientiert. Diese Konzeptionalisierung bietet einen breiten Zugang zu naturwissenschaftlicher Grundbildung, weil sowohl die konzeptionellen als auch die prozeduralen Grundlagen der Fachdisziplin Chemie die notwendig sind, um über die Zusammenhänge von Naturwissenschaften und Gesellschaft zu diskutieren, berücksichtigt werden. Diese Konzeptionalisierung eignet sich besonders, denn hier sollen sich Vermittlungsprozesse nicht in Verfügungswissen erschöpfen, sondern sie sollen im Sinne einer methodologisch-kritischen Chemiedidaktik (Reiners, 1994) dazu befähigen, sich bezogen auf gesellschaftliche Problemstellungen unter Abwägung möglicher Erklärungen, die die Naturwissenschaften bieten, multiperspektivisch unter Rückgriff auf Kategorien, wie Relevanz, Anwendbarkeit, Innovativität oder Risiken, zu orientieren, in den Diskurs mit anderen Mitgliedern der Gesellschaft zu treten und auch an entsprechenden Entscheidungsprozessen begründet zu partizipieren.

Um diese verschiedenen Konzeptionen auch analytisch fassen und differenzieren zu können, eignet sich die Unterteilung von Konzeptionen naturwissenschaftlicher Grundbildung *entlang zwei konkurrierender Ziele* nach Roberts (2007): Einmal *Vision I*, die den Schwerpunkt auf das Erlernen von Fachinhalten einschließlich der wichtigsten Konzepte und Prozesse der Wissenschaft legt, während *Vision II* das Erlernen von Naturwissenschaften im Kontext konkreter Lebenssituationen unter Berücksichtigung von Zusammenhängen von Wissenschaften und weiteren gesellschaftlichen Bereichen, wie Wirtschaft und Politik, für das individuelle Leben akzentuiert. Der Ansatz der Gruppe um Pella (Pella et al., 1966) und der Ansatz der OCED (1999) kann bezogen auf die Idee einer naturwissenschaftlichen Grundbildung als ein vermittelnder Ansatz zwischen Vision I und Vi-

sion II eingeordnet werden, weil hier das fachwissenschaftliche Wissen eine Grundlage zur Orientierung in der Lebenswelt ist (Roberts & Bybee, 2014; Osborne, 2023). Shen (1975) fokussiert die Bezüge der Naturwissenschaften für die Lebenswelt besonders, weshalb dieser Ansatz sich Vision II zuordnen lässt, während Shamos (1995) und Bybee (1997) eher Bildungskonzeptionen für Vision I vertreten, weil für sie Fachinhalte als federführend angesehen werden und die Lebenswelt in ihren Stufenmodellen am Ende steht, demnach besonders anspruchsvoll und nicht von allen Lernenden erreichbar ist. Die OECD-Konzeptionalisierung von naturwissenschaftlicher Grundbildung ist im Sinne Roberts (2007) sowohl als Vision I als auch als Vision II einzuschätzen, da ein Fokus auf der Anwendung wissenschaftlichen Wissens in der Lebenswelt (Vision II) auf Grundlage fachlichen Wissens (Vision I) liegt.

Die Differenzierung der Konzeptionen naturwissenschaftlicher Grundbildung (Roberts, 2007) wurde in der zweiten Auflage des Handbook of Research on Science Education durch die Mitwirkung von Bybee neu akzentuiert und auf gegenwärtige Entwicklungen bezogen. Roberts und Bybee (2014) summieren, dass innerhalb des Fortschreitens der verschiedenen Studien von PISA die Kompetenzen im Sinne von Vision II für naturwissenschaftliche Grundbildung immer weiter abgenommen habe. Sie machen dies am Beispiel des Umgangs mit Evidenzen fest, denn der Stellenwert dieser Teilkompetenzen ging von dem Ziehen evidenzbasierter Schlussfolgerungen (in PISA 2000) über das Nutzen von wissenschaftlichen Evidenzen (in PISA 2006) hin zur Interpretation wissenschaftlicher Evidenzen (in PISA 2015). Roberts und Bybee (2014) sehen darin eine Akzentverschiebung der PISA-Konzeptionen weg von Vision II. Denn es scheint, dass diese Veränderungen den Schwerpunkt auf das Verständnis der internen Prozesse der Wissenschaft verlagern, weg von der Anwendung wissenschaftlichen Wissens auf Situationen außerhalb der Wissenschaft. Es wird geschlussfolgert, dass Diskussionen über naturwissenschaftliches Wissen geklärt und vertieft wurden, aber die Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens in Lebenssituationen als Grundkonstrukt in der Studie PISA 2015 für naturwissenschaftliche Grundbildung an Bedeutung verloren hat (ebd.).

Roberts und Bybee (2014) führen die im Folgenden vorgestellten Gründe an, warum immer häufiger Vision I als Standard genutzt wird. Demnach werden Lehrplanentscheidungen immer häufiger von Bürokrat*innen als von Naturwissenschaftspädagogen getroffen, weshalb aufgrund der Rechenschaftspflichten die Maßnahmen für Vision I priorisiert werden, da sich diese leichter prüfen lassen (Roberts & Bybee, 2014; Fensham, 2013). Vision II könnte als zu weit gefasst angesehen werden, als dass sie in Schule unterrichtet werden kann, weshalb gesellschaftliche Aspekte auf den Sozialwissenschaftsunterricht verlagert werden sollen (ebd.). Ebenso wären Argumente für eine

Priorisierung von Vision I, dass Vision II erfordert, dass Lehrer*innen andere Inhalte in einem anderen didaktischen Setting vermitteln sollen und der Stellenwert der Diskurse sich gänzlich gewandelt hat sowie, dass Vision II als tragfähiges Modell nicht anerkannt unter Bildungspolitiker*innen ist, da diese naturwissenschaftlichen Unterricht konzeptionell an den Bezugsdisziplinen orientiert sehen wollen (ebd.). Vision II fokussiert auf die Entwicklung von Lebenskompetenzen (Rychen & Salganik, 2003; Holbrook & Rannikmae, 2009) im Zuge naturwissenschaftlicher Grundbildung als Bildung für alle Lernenden und nicht besonders für zukünftige Naturwissenschaftler*innen. Roberts und Bybee (2014) sprechen sich für ein ausgeglichenes Verhältnis aus. Es wurde schon begründet, dass die Definition naturwissenschaftlicher Grundbildung der OECD (1999) die Grundlage dieses Forschungsprojekts ist, doch liefern Roberts und Bybee (2014) durch die Befürwortung eines ausgeglichenen Verhältnisses von Vision I und II ein weiteres Argument dafür. Aus Sicht des Autors können in einer herausfordernden Welt mit multiplen Krisen die Lernenden nur für die Zukunft vorbereitet werden, wenn sie zum einen die wichtigsten fachwissenschaftlichen Konzepte und Vorgehensweisen beherrschen, zum anderen darauf aufbauend ihr Wissen zur Bewältigung von konkreten Lebenssituationen für sich individuell und die Gesellschaft allgemein nutzen können – diesen Anforderungen wird die Definition naturwissenschaftlicher Grundbildung der OECD (1999) am ehesten gerecht.

2.1.3 Kompetenzorientierte Bildungsprozesse

Durch die Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudien PISA und TIMSS wurden im deutschen Schulsystem tiefgreifende Veränderungen eingeleitet. Es fand eine Abkehr von der Input- hin zur Outputorientierung statt (vgl. Reiners, 2022; Sumfleth & Walpuski, 2018), weshalb der Fokus nicht mehr nur auf den Inhalten, die die Lernenden erlernen sollen, sondern darauf, wozu die Lernenden befähigt werden sollen, liegt. Dieses Ziel sollte mit der Einführung der Kompetenzorientierung zur Ermöglichung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung durch bundeseinheitliche Bildungsstandards gelingen. Die Bildungsstandards stellen in der föderal organisierten Bundesrepublik Deutschland einen Rahmen für die konkrete Ausgestaltung der *Kernlehrpläne* durch die einzelnen Bundesländer dar. Der Kompetenzbegriff selbst wird in der erziehungswissenschaftlichen Forschung nicht einheitlich gebraucht (Gnahn, 2010) und ist zum „Modebegriff der Sozial- und Erziehungswissenschaften“ (Klieme & Hartwig, 2007, S. 11) geworden, sodass von Schlüsselkompetenzen im Zuge domänenübergreifender Konzepte gesprochen wird oder auch von domänenspezifischen Dispositionen (Bernholt, Parchmann & Commons, 2009), die sich in der Performanz einer konkreten Anforderungssituation zeigen, wodurch dann Rückschlüsse auf die vorliegenden Fähigkeiten gezogen werden können (Hartig & Klieme, 2006; Lersch, 2010a). Dabei fußt der Begriff der Kompetenzen in den deutschen Bildungsstandards und den PISA-Studien (Prenzel

et al., 2005; Rychen, 2008; KMK, 2005; KMK, 2020; KMK, 2024) auf jenem *domänenspezifischen Begriff nach Weinert (2001)* und Kompetenz umfasst

die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können (Weinert, 2001, S. 27 f.).

Bei der Kompetenz geht es um *eine Befähigung von Personen, bestimmte Anforderungssituationen aufgrund ihres erworbenen Wissens erfolgreich zu bewältigen* (Klieme et al., 2003), sie sind funktional determiniert. Dieser Kompetenzbegriff umfasst die Aspekte „Wissen, Verstehen, Können, Erfahrung, Handeln“ (Rost, 2006, S. 5), wodurch einerseits kognitive Aspekte, andererseits das konkrete Tun in Form von Aktivitäten betont werden (Klinger & Bündler, 2006). Weinert (2001) selbst führt aus, dass neben den fachlichen Kompetenzen und Handlungskompetenzen in dieser Definition auch fachübergreifende Kompetenzen, wie das Problemlösen oder die Teamfähigkeit, von Belang sind. Er priorisiert die einzelnen Kompetenzarten nicht, sondern sieht alle drei Kompetenzarten für einen nachhaltigen Kompetenzerwerb für erforderlich an, damit „Schulen weder eine Generation von Fachidioten, (sic!) noch eine Generation geschwätziger Dilettanten ausbilden“ (Weinert, 2001, S. 28). Im Unterricht können die intendierten Kompetenzen die Bewältigung variabler Problemsituationen „zwar anbahnen, dieselben aber nicht garantieren“ (Reiners, 2022, S. 88). Der Kompetenzbegriff ist als erlernbare und kontextspezifische Disposition zu sehen (McClelland, 1973; Hartig & Klieme, 2006).

Anwendung findet der Kompetenzbegriff in den kompetenzorientierten Bildungsstandards, die nicht mehr rein inhaltlich formuliert sind, denn hier muss das erworbene Wissen seinen Wert in jeweiligen Verwendungszusammenhängen unter Beweis stellen. Die Bildungsstandards stellen ein theoretisches Konstrukt dar, wie Unterricht gestaltet sein sollte und, wie er gemessen werden kann. Hervorzuheben ist, dass durch die Einführung einer verbindlichen naturwissenschaftlichen Grundbildung für alle Lernenden in der Bundesrepublik Deutschland konsequent die Forderung umgesetzt wird, dass Naturwissenschaften Teil der Allgemeinbildung sind. Darüber hinaus werden wichtige Implikationen naturwissenschaftlicher Bildung in den Bildungsstandards aufgezeigt, denn sie ermöglichen „dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung“ (KMK, 2005, S. 6). Dies ist deshalb erwähnenswert, weil noch 1999 Schwanitz Folgendes schrieb: „Naturwissenschaftliche Kenntnisse müssen zwar nicht versteckt werden, aber zur Bildung gehören sie

nicht“ (Schwanitz, 1999, S. 482), was hervorhebt, dass das Bildende der Naturwissenschaften bis vor ein paar Jahren noch lange nicht von allen Fachleuten anerkannt worden ist. Durch die PISA-Studien der OECD fand die Idee der naturwissenschaftlichen Grundbildung Eingang in die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz der Bundesrepublik (KMK, 2005), wodurch der Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften manifestiert und ausgeweitet worden ist.

Aus der Einführung der *Kompetenzorientierung* ergeben sich für Lehrende und Lernende neue Aufgaben. Lersch (2007) hat das in seiner didaktischen Systematisierung kompetenzorientierten Unterrichts derart illustriert, dass die Lehrenden nicht mehr nur Wissen vermitteln, sondern auch Situationen schaffen müssen, in denen es angewendet werden kann. Die Lernenden müssen sich nicht mehr nur Wissen aneignen, sondern es nutzen können, um Anforderungen, die an sie durch die Lehrenden gestellt werden, zu bewältigen.

Die Veränderung hin zu einem kompetenzorientierten Bildungssystems hat zur Folge, dass festgelegt wird, „welche Kompetenzen die Kinder oder Jugendlichen bis zu einer bestimmten Jahrgangsstufe mindestens erworben haben sollen“ (Klieme et al., 2003, S. 10) – es werden damit Mindestanforderungen festgelegt. Den Bildungsstandards kommt demnach eine doppelte Bedeutung zu: zum einen definieren sie ein Ziel dahingehend, was getan werden soll, zum anderen sind sie auch ein Maß zur Bewertung der Zielerreichung (Ravitch, 1995; Oelkers, 2007), denn auf ihrer Grundlage können Lernen und Lernergebnisse erfasst und einheitlich bewertet werden (Köster, 2005). Durch regelmäßige Prüfung des Bildungswesens (sog. Bildungsmonitoring) und Kommunikation der entsprechenden Ergebnisse soll eine Qualitätsverbesserung sukzessive erzielt werden (Criblez, 2009). 2004 verabschiedete die Kultusministerkonferenz deshalb die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss für das Fach Chemie (KMK, 2005), dabei wurden die Inhalte mit Bezug auf ihre Beiträge zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ausgewählt. Die Bildungsstandards orientieren sich am Bildungsziel der naturwissenschaftlichen Grundbildung insofern, als dass sie es in konkrete Anforderungen überführen (Klieme et al., 2003).

Die in den Bildungsstandards verankerten Kompetenzen lassen sich für das Fach Chemie in vier Kompetenzbereiche unterteilen: „Sachkompetenz“, „Erkenntnisgewinnungskompetenz“, „Kommunikationskompetenz“ und „Bewertungskompetenz“ in den Bildungsstandards (KMK, 2020; KMK, 2024). In der ersten Fassung der Bildungsstandards (KMK, 2005) wurde von den folgenden Kompetenzbereichen gesprochen: „Fachwissen“, „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ (KMK, 2005). Der Kompetenzbereich „Sachkompetenz“ („Fachwissen“) schließt unter anderem die Kenntnis von Phänomenen chemischer Art sowie Gesetzmäßigkeiten

und (Fach-)Begriffe ein. Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnungskompetenz“ („Erkenntnisgewinnung“) umfasst die Kompetenz, Modelle und Untersuchungsmethoden, wie das Experiment, nutzen zu können. Im Kompetenzbereich „Kommunikationskompetenz“ („Kommunikation“) sollen Kompetenzen zum sach- und fachbezogenen Erschließen und Austauschen von Informationen erworben werden. Das Erkennen und Bewerten von Sachverhalten chemischer Natur in diversen Kontexten wird mit dem Kompetenzbereich „Bewertungskompetenz“ („Bewertung“) abgedeckt. Im Jahr 2020 wurden auch Bildungsstandards für den Abschluss der gymnasialen Oberstufe von der Kultusministerkonferenz (KMK, 2020) verabschiedet und im Jahr 2024 wurden die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Chemie weiterentwickelt (KMK, 2024). Die durch die Bundesländer gestalteten Kernlehrpläne bieten eine Orientierung für die einzelnen Schulen in Bezug auf die jeweilige innerschulische Lehr- und Lernplanung (Klieme et al., 2003, S. 9). Innerhalb der nordrhein-westfälischen Kernlehrpläne (MSB NRW, 2019) wird der Kompetenzbereich „Fachwissen“ gegenwärtig als Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ bezeichnet, was den prozesshaften Charakter stärken soll. Die Kernlehrpläne definieren klar standardisiert die fachlichen Anforderungen als Ergebnisse, die didaktische Gestaltung der Lernprozesse ist jedoch, anders als im Zeitalter der Lernzielorientierung, offen für die Gestaltung durch die Lehrenden (MSWF NRW, 2014; MSB NRW, 2019; MSB NRW, 2022). Die Freiheit in der Gestaltung des Unterrichts geht aber mit der Verantwortung einher, die fachlichen Standards des jeweiligen Kernlehrplans und die im jeweiligen System Schule in den schulinternen Lehrplänen festgelegten obligatorischen Elemente sowie bestimmte Kontexte umzusetzen (ebd.).

Diese Studie möchte den Studierenden für das Lehramt Chemie Angebote machen, die in den Bildungsstandards und Kernlehrplänen festgelegten Kompetenzen als *Orientierungshilfen* zur Gestaltung eines Chemieunterrichts zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu greifen und konstruktiv zu nutzen. Als eine Möglichkeit dies umzusetzen, wurden verschiedene SSI ausgewählt, welche im Folgenden näher betrachtet werden.

2.1.4 SSI: Schlüsselmerkmale und ihre Bedeutung

SSI bieten sich gerade deshalb als Unterrichtsgegenstand an, weil die Bürger*innen durch das Leben in modernen, wissenschaftlich und technologisch fortgeschrittenen Gesellschaften permanent mit ihnen konfrontiert werden (Zeidler & Lewis, 2003). Sie bieten einen Rahmen für die Thematisierung gegenwärtiger, kontroverser und lebensrelevanter gesellschaftlicher Problemstellungen, die konzeptionell mit den Naturwissenschaften verbunden und deren Problemlösungen unbestimmt sind (Hancock et al., 2019; Zeidler, 2014; Zeidler et al., 2019; Chen & Xiao, 2021; Lee & Grace, 2012; Topcu et al., 2010). Die konzeptionelle Verbundenheit ergibt sich daraus, dass diese Themen

an der Schnittstelle von Wissenschaft und Gesellschaft angesiedelt und mit einem Maß an Unsicherheiten behaftet sind (Sadler, Chambers & Zeidler, 2004). Der Begriff der SSI bezieht sich nicht nur auf eine Bildungskonzeption, sondern beschreibt auch einen spezifischen Typ gesellschaftlicher Probleme (Pope, 2017). Die Berücksichtigung von SSI wurde als wichtiges Ziel zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung manifestiert (Zoller 1982; AAAS 1989; Jenkins 1994; Driver et al. 1996; Tytler, 2012; Zeidler et al., 2019; Chen & Xiao, 2021). Denn für eine gesellschaftliche Partizipation benötigen die Adressaten naturwissenschaftlicher Grundbildung Kompetenzen. Diese Kompetenzen sollen sie dazu befähigen, ihr erworbenes wissenschaftliches Verständnis anzuwenden, um fundierte Entscheidungen zu treffen (Böttcher & Meisert, 2013; Hedtke, 2016).

In der Literatur (Zeidler, 2014; Zeidler & Sadler, 2023) werden vier Merkmale genannt, die mit der Thematisierung von SSI idealerweise einhergehen, jedoch nicht immer alle vollends dabei berücksichtigt werden müssen. Erstens werden für die Lernenden relevante, kontroverse und schlecht strukturierte Probleme, zu deren Beurteilung die Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisse notwendig ist, thematisiert. Zweitens sollen diese kontroversen Probleme soziale Auswirkungen haben, die von den Lernenden im Dialog diskursiv erschlossen werden sollen. Dies impliziert, dass in Demokratien sämtliche Perspektiven zur Findung einer Entscheidung beitragen sollen. Drittens sollen zur Beurteilung des SSI neben einer fachlichen Perspektive auch, implizit und bzw. oder explizit, ethisch-moralische Komponenten erforderlich sein. Viertens soll anhand des SSI eine Bildung zum verantwortungsvollen Leben als langfristiges pädagogisches Ziel betont werden. Durch diese vier Merkmale soll sich der SSI-Rahmen von anderen Konzeptionen (wie bspw. dem Science-Technology-Society Ansatz (Übersicht in Bencze et al., 2020)) durch die Bedeutsamkeit kollektiver Elemente unterscheiden, wobei Wissenschaftsprozesse mit normativen Prozessen aus der Lebenswelt gleichwertig betrachtet werden. Wenn Lernende sich mit SSI befassen, nehmen sie mit den SSI einhergehende Diskurse bewusst wahr und partizipieren an ihnen, wodurch sie im Unterricht in diskursiven Argumentationsprozessen Fähigkeiten zur Empathie sowie zur Perspektivenakzeptanz und -übernahme lernen können (Zeidler & Nichols, 2009; Kinskey & Zeidler, 2021). Damit wird eine naturwissenschaftliche Grundbildung in Form von Vision II nach Roberts (2007) explizit berücksichtigt. Denn in SSI-bezogenen Vermittlungsprozessen sollen die Lernenden mit Hilfe von fachlichem Wissen zum aktiven und reflektierten Handeln in der Lebenswelt befähigt werden – hier wird neben einer eher deskriptiven Wissensdimension auch ein normatives Bewusstsein angesprochen. Dies impliziert die Anerkennung konkurrierender Interessen und unterschiedlicher Wertesysteme, die in pluralistischen demokratischen Gesellschaften vertreten sind (Sadler, 2004; Kolstø, 2006; Garrecht, 2020).

Aus diesen Hauptmerkmalen lässt sich ableiten, dass SSI-basierter Unterricht als Möglichkeit gesehen wird, dass durch ihn die Lernenden nicht nur bessere Entscheidungen für ihr privates Leben treffen können, sondern sich in einer pluralistischen Gesellschaft aktiver, beispielsweise in Nachhaltigkeitsthemen, engagieren können (Bencze, Sperling & Carter, 2012; Simonneaux & Simonneaux, 2012). Studien haben gezeigt, dass Lernende in SSI-Kontexten kreativer sind (Yager, Yager & Lim, 2006) und sich in SSI-Kontexten auch eher Kreativitätsgewinne verzeichnen lassen (Lee & Erdogan, 2007; Eastwood et al., 2012). Unter Rückbezug auf diese Merkmale soll für die Arbeit unter Rückbezug auf die diskutierten Publikationen folgende Arbeitsdefinition gelten:

SSI sind aktuelle, relevante, kontroverse und unstrukturierte gesellschaftliche Probleme mit moralischen Implikationen, die eingebettet sind in (natur-) wissenschaftliche Kontexte und eine offene Diskussion ermöglichen.

Um zu verstehen, was die *Kontroversität* in Bezug auf SSI bedeutet, identifizierte Levinson (2006) auf Grundlage eines Literaturreviews folgende kontroverse Aspekte von SSI: Menschen können von verschiedenen Standpunkten, die auf unterschiedliche Grundüberzeugungen, Verständnisse oder Werte gründen, auf das Thema, von dem eine erhebliche Anzahl an Menschen betroffen sind und das nicht direkt lösbar ist, blicken. Neben der Kontroversität des Themas ist die *Relevanz* des Themas entscheidend für den Erfolg von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen. Denn es ist möglich, dass Lehrende durch ihre Fremdeinschätzung ein Thema als relevant für die Lernenden betrachten, es aber für die Lernenden selbst keine oder eine untergeordnete Relevanz hat. Damit die Themen auch für die Lernenden relevant sind, müssen die Lehrenden vorab, etwa durch Hinzuziehung von Jugendstudien, wie etwa der SINUS-Jugendstudie (Calmbach, Flaig, Edwards, Möller-Slawinski, Borchard & Schleer, 2020), oder durch ein konkretes Nachfragen im Unterrichtsgespräch oder indirekter durch Reflexionsaufgaben, Eindrücke über die Lebenswelten und damit verbundene Relevanzen sammeln. Im Kontext von naturwissenschaftlicher Grundbildung kann eine Relevanz für die Bildung im Hinblick auf Klafkis epochaltypische Schlüsselprobleme (vgl. Kapitel 2.3.1) begründet werden, denn hierbei handelt es sich um Themen, die eine exemplarische, gegenwärtige oder zukünftige Relevanz für die Bewältigung des Lebens haben (Klafki, 1996a, S. 43-81). Die Konzentration auf epochaltypische Schlüsselprobleme im Rahmen von Bildung im Allgemeinen bedeutet,

ein geschichtlich vermitteltes Bewußtsein von zentralen Problemen der Gegenwart und – soweit voraussehbar – der Zukunft zu gewinnen, Einsicht in die Mitverantwortlichkeit aller angesichts solcher Probleme und Bereitschaft, an ihrer Bewältigung mitzuwirken (Klafki, 1996a, S. 56).

Im Sinne Klafkis kategorialer Bildung, in der durch die Auseinandersetzung mit einem Gegenstand dieser zum einen selbst erschlossen wird, zum anderen durch jene (neue) Verstehenskategorien entstehen (Klafki, 1972, S. 25), können durch die Auseinandersetzung mit *epochaltypischen Schlüsselproblemen* die Grundfähigkeiten zur Selbstbestimmung, zur Mitbestimmung und zur Solidarität (Klafki, 1996a, S. 52) angeleitet und gefördert werden. Im Rahmen dieser Bildungsidee wird eine objektbezogene materiale mit einer subjektbezogenen formalen Perspektive dialektisch miteinander verschränkt, d. h. Wissen wird mit Fähigkeiten zum Handeln im Kontext zentraler Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft auf Grundlage eines selbstständigen, verantwortungsvollen und solidarischen Menschenbildes verknüpft. Dabei soll es nicht um eine bestimmte Sichtweise gehen, sondern darum, eine differenzierte Sicht zu gewinnen, um unterschiedlich wichtige Problemlösungsvorschläge, und die dahinterstehenden Interessensperspektiven zu reflektieren (Klafki, 1996a, S. 62). Klafkis Ansatz anhand von epochaltypischen Schlüsselproblemen eine Allgemeinbildung zu vermitteln, kann als erziehungswissenschaftlicher Vorläufer einer SSI-bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung aufgefasst werden. Beide fokussieren sich auf für die Lernenden und für die Gesellschaft relevante und kontroverse Problemstellungen, doch verbleibt Klafki im Allgemeindidaktischen, während über SSI naturwissenschaftlicher Unterricht konkret mit dem Fokus auf Themen, in denen Verhältnisse von Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften und der Gesellschaft relevant sind, geplant, durchgeführt und reflektiert werden kann.

Diese Argumentation unterstützend, schlugen Stolz et al. (2013) vor, dass ein Thema relevant sei, wenn es das *aktuelle oder zukünftige Leben* der Lernenden beeinflusst. Stuckey et al. (2013) differenzierten eine solche Relevanz in drei grundlegende Relevanzdimensionen, die im Kontext von chemiebezogenen Vermittlungsprozessen Verwendung finden können: *die individuelle, gesellschaftliche und berufliche Dimension*. Die *individuelle Dimension* umfasst das Eingehen auf die Neugier und die Interessen der Lernenden, die Vermittlung notwendiger und nützlicher Fähigkeiten für die Bewältigung des Alltags heute und in der Zukunft und den Beitrag zur Entwicklung intellektueller Fähigkeiten. Die *gesellschaftliche Dimension* bezieht sich darauf, dass die Lernenden auf ein selbstbestimmtes und verantwortungsbewusstes Leben in der Gesellschaft vorbereitet werden. Hier sollen die Lernenden auch über das einzelne Subjekt hinausgehende Zwecke der Chemie in gesellschaftlichen Fragen kennen und verstehen können (Stuckey et al., 2013). Die *berufliche Relevanz* bezieht sich hier konkret auf naturwissenschaftsbezogene Berufswahlmöglichkeiten für die Lernenden, wodurch der Stellenwert von Chemieunterricht für die Zukunft des Arbeitsmarktsektors Chemie benannt und die konkrete Verwendung chemischen Wissens in Berufen aufgezeigt werden kann. In den Bildungsstandards für die Sekundarstufe II (KMK, 2020) ist der Bildungsbeitrag des Chemieunterrichts zur

Berufswahl konkret benannt, wodurch der Stellenwert von SSI auch diesbezüglich aus curricularer Sicht untermauert wird.

Aus Sicht von Sadler (2004) lassen sich SSI relevanter machen, wenn es sich um lokale Themen handelt, zu denen die Lernenden einen örtlichen Bezug haben, oder wenn es sich um globale Themen handelt, wenn der Zusammenhang, wie beispielsweise anhand möglicher Auswirkungen globaler Probleme wie dem Klimawandel für sie selbst deutlich werden. Auch die Konzeptionalisierung von SSI-Unterricht nach Marks und Eilks (2009) geht mit der obigen Arbeitsdefinition von SSI konform, da sich hier die fünf Kriterien für die Auswahl eines SSI (Authentizität, Relevanz, unbestimmte Bewertung, erlaubt eine offene Diskussion, Fragen aus Chemie und Technologie (ebd., 235)) wiederfinden. Vor dem Hintergrund der Arbeitsdefinition von SSI bekennt Abd El Khalick (2003), dass eine SSI-Entscheidung zwangsläufig mit einer Art Urteilsspruch verbunden sei, denn die Subjekte selbst und kein Algorithmus kann Herausforderungen und Chancen vor ihren Wertehorizonten abwägen, was SSI-Themen zu einem qualvollen Unternehmen (*“agonizing undertaking“* (Abd El Khalick, 2003, S. 43)) für Lernende machen kann. Hodson (2014b) sieht für *SSI bezogene Bildungsprozesse eine Mischung aus lokalen, regionalen, nationalen und globalen Themen*, die sich auf sieben Problembereiche konzentrieren, als sinnhaft an: menschliche Gesundheit, Land-, Wasser- und Bodenschätze, Ernährung und Landwirtschaft, Energieressourcen und -verbrauch, Industrie (einschließlich Fertigungsindustrie, Freizeit- und Dienstleistungsindustrie, Biotechnologie usw.), Informationsübertragung und Transport sowie Ethik und soziale Verantwortung (d. h. Freiheit und Kontrolle in Wissenschaft und Technologie). Zur Verwirklichung einer diesbezüglichen naturwissenschaftlichen Grundbildung eignet sich die SSI-Konzeption, denn sie impliziert eine kontinuierliche und kritische Betrachtung von Aspekten der Natur der Naturwissenschaften.

2.1.5 Gesellschaftliche Dimensionen von Chemieunterricht

Eine durchdachte Vermittlung von SSI ist von grundlegender Bedeutung für eine naturwissenschaftliche Grundbildung (Sadler et al., 2007), denn Lernende können hier angeleitet werden, aus *unterschiedlichen Perspektiven* auf komplexe gesellschaftliche Themen zu blicken, sie zu analysieren, zu bewerten, zu diskutieren und zu argumentieren (Zeidler et al., 2005). Laut Simonneaux und Simonneaux (2009) zielt ein Unterrichten von SSI darauf ab, das Wissensverständnis der Lernenden zu verbessern, zur *Demokratiebildung* beizutragen, den Lernenden zu helfen, eine fundierte Entscheidung zu treffen, sie zu befähigen, an gesellschaftlichen Diskursen teilzunehmen, ihnen zu helfen, mit der Komplexität der Themen umzugehen und die Natur der (Natur-)Wissenschaft besser zu verstehen. In den Bildungsstandards für die Sekundarstufe I (KMK, 2005; KMK, 2024) wird die

Ermöglichung von gesellschaftlicher Partizipation durch naturwissenschaftliche Bildung als Teil von Allgemeinbildung wie folgt konzeptualisiert:

Naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung (KMK, 2005, S. 6).

Bildung in den Naturwissenschaften ermöglicht dem Individuum eine kenntnisreiche Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über Potentiale und Risiken naturwissenschaftlicher Forschung und technische Entwicklungen. Sie ist somit wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung und für die berufliche Orientierung der Lernenden unerlässlich (KMK, 2024, S. 5).

Durch diese Zieldefinitionen wird deutlich, dass Chemieunterricht einen Beitrag zum Verständnis des Wechselspiels von naturwissenschaftlicher Erkenntnis und deren Anwendung leisten soll. Um dieses Ziel zu erreichen, eignen sich SSI besonders, weil sie den Lernenden unter Berücksichtigung weitere Perspektiven eine Orientierung bezogen auf gesellschaftliche Problemlagen bieten können. Dabei soll die erworbene naturwissenschaftliche Kompetenz eine „Orientierung in der durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Lebenswelt (...) für selbstgesteuertes, lebenslanges, globales und soziales Lernen“ (KMK, 2020, S. 9) ermöglichen. In den Bildungsstandards des Faches Chemie für die Sekundarstufe II (KMK, 2020) werden als Themenbereiche, in denen das erworbene naturwissenschaftliche Wissen zur Anwendung gebracht werden soll, die Bereiche „Gesundheit, Ernährung, Klima und Technik“ (KMK, 2020, S. 8) exemplarisch aufgeführt und hierbei sollen besonders die Folgen für ökologische, ökonomische und soziale Systeme erkannt, eingeordnet und bewertet werden – SSI bezogene Vermittlungsprozesse können diese Implikationen einlösen. Denn Lernende werden dadurch unter Lebensweltbezügen befähigt,

Phänomene der Lebenswelt auf Grundlage ihrer Kenntnisse über Stoffe und chemische Reaktionen zu erklären, zu bewerten, Entscheidungen zu treffen, Urteile zu fällen und dabei adressatengerecht zu kommunizieren (KMK, 2005, S. 6).

Dabei wird argumentiert, dass die Handlungsdimension von naturwissenschaftlicher Kompetenz sich auf Grundlagen der Erkenntnisgewinnung in experimentellen und theoretischen Kontexten bezieht, aber auch in Bezug auf die Kommunikation und Bewertung chemisch geprägter Sachverhalte in gesellschaftlichen Kontexten sein soll (KMK, 2005, S. 7). In den Bildungsstandards für die Sekundarstufe II (KMK, 2020) wird explizit die Befähigung zur Partizipation an gesellschaftlich

relevanten Diskursen aufgeführt (KMK, 2020, S. 8). Den Stellenwert von SSI für die praktische Umsetzung des in den Bildungsstandards aufgeführten Bildungsbeitrages des Faches Chemie zur Allgemeinbildung wird programmatisch im folgenden Zitat erörtert:

Sie [die Naturwissenschaft Chemie, Anm. d. Verf.] liefert den Lernenden einen fachlichen Zugang für die Beurteilung von historischen, aktuellen und zukünftigen Umwelt-, Verbraucher-, Ressourcen- oder Alltagsfragen, von kulturellen und technischen Entwicklungen. Darüber hinaus ist die Chemie für die ökologische und ökonomische Entwicklung unserer Gesellschaft und als Grundlage vieler Berufe von besonderer Bedeutung (KMK, 2020, S. 11).

Dieses Zitat beschreibt verschiedenste Anforderungen, die durch schulische Bildung eingelöst werden sollen. Das Fach Chemie in der Schule und die chemiedidaktische Ausbildung der Chemielehramtsstudierenden kann und soll einen fachlichen Zugang zu übergeordneten (epochaltypischen) Schlüsselproblemen (Klafki, 1996a) und dessen Diskursen ermöglichen, der über fachliche Grenzen hinausgeht, aber seine Bezugspunkte im Fach nicht aus den Augen verliert. Im Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe des Landes Nordrhein-Westfalen findet sich das obige Zitat in deckungsgleicher Form (MSB NRW, 2022, S. 9), was unterstreicht, dass das Bundesland die multiperspektivische Berücksichtigung der Lebenswelt im Chemieunterricht priorisiert. Durch die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand von SSI können die Themen des Umweltschutzes und der Umweltzerstörung im Hinblick auf gesellschaftliche und wirtschaftliche Auswirkungen für lokale und globale Gemeinschaften zum Gegenstand werden, weil sie „fast ausnahmslos auch einen chemischen Kontext“ (KMK, 2020, 11) haben. Chemielehrkräfte sind daher aufgefordert, die Grundlagen zur kritischen Auseinandersetzung mit Entwicklungen, Erzeugnissen und Produkten der Chemie in Bezug auf „Chancen, Grenzen und Risiken“ (KMK, 2020, S. 11) zu vermitteln. Aus diesen curricularen Anforderungen geht der enorme Stellenwert, den SSI zur Konzeptionalisierung der naturwissenschaftlichen Grundbildung auf Grundlage der Bildungsstandards haben, hervor und verdeutlicht die Relevanz der Leitfrage dieser Studie derart, als die Lehrenden, die die Vermittlungsprozesse planen und gestalten, selbst als notwendige Bedingung in der Lage sein müssen, die Ziele, die sie vermitteln sollen, zu erreichen. In den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in ihrer weiterentwickelten Form (KMK, 2024) heißt es in Bezug auf SSI bezogene Kompetenzen:

Mit Blick auf notwendige Transformationsprozesse hin zu einer nachhaltigeren Gesellschaft, Wirtschaft und Lebensführung kommt Kompetenzen in den Naturwissenschaften heute und in Zukunft besondere Bedeutung für eine mündige Teilhabe des Einzelnen zu (KMK, 2024, S. 5).

Aus diesem Zitat wird die besondere Bedeutung der Naturwissenschaft Chemie in Bezug auf Partizipationsprozesse deutlich. Im Lehrplan für das Gymnasium in Nordrhein-Westfalen wird in Bezug auf den Bildungsbeitrag des Faches Chemie resümiert, dass Erkenntnisse und Innovationen der Naturwissenschaften „zunehmend im Fokus gesellschaftlicher Diskussionen und Auseinandersetzungen“ (MSB NRW, 2019, S. 8) stehen und eine naturwissenschaftliche Grundbildung eine „Grundlage für fundierte Urteile in Entscheidungsprozessen über erwünschte und unerwünschte Entwicklungen“ (MSB NRW, 2019, S. 8) biete. Bemerkenswert ist die Art des Begriffes von Lernen in Kontexten, der hier verwendet wird, denn hier bedeutet dieser,

dass Fragestellungen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sowie gesellschaftliche und technische Fragestellungen den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden (...) und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können (MSB NRW, 2019, S. 9).

Diese Definition von Kompetenzen provoziert die Nutzung von SSI, weil durch diese an realen und für die Lernenden relevanten Problemen gelernt werden kann und dabei Kontexte die Inhalte bestimmen und nicht als bloße Instrumente zur Motivation bestehen bleiben, sondern den Gegenstand der Auseinandersetzungen bilden.

2.1.6 Orientierung in der Lebenswelt durch SSI ermöglichen

SSI haben im Kontext von naturwissenschaftlicher Grundbildung unter anderem die Funktion, den Lernenden Möglichkeiten zu bieten, sich *als aktive Bürger partizipativ in demokratischen Gesellschaften zu engagieren* (Zeidler, 2014). Dies kann heißen, sich aktiv zu engagieren, doch braucht dieses Engagement auch Grundlagen. Die naturwissenschaftliche Grundbildung muss die Lernenden nicht nur zum konkreten Handeln befähigen, sie muss sie auch mit Kompetenzen ausstatten, sich selbst mit SSI auseinanderzusetzen, deren Inhalte und Bedeutungen zu erschließen. Gerade SSIs sind Gegenstand der Medienberichterstattung und werden sowohl in formellen als auch in informellen Medienkanälen thematisiert, sodass Lernende Berichte über SSI verstehen, und begründet die Glaubwürdigkeit und den Informationsnutzen beurteilen können müssen (Klosterman et al., 2012). Sie bieten sich zur Förderung von Kompetenzen im Umgang mit Medien an, denn anhand aktueller und kontroverser Themen können die Lernenden angeleitet werden, Medienbotschaften

im Hinblick auf ihre Aussagekraft und Begründungsstruktur zu analysieren (Höttecke & Allchin, 2020). Die Sicht, dass SSI im naturwissenschaftlichen Unterricht zur Entwicklung eines partizipatorischen Handelns und eines Verantwortungsbewusstseins im Sinne einer Weltbürgerschaft beitragen, wird von vielen Wissenschaftler*innen vertreten (Hodson, 2003; Evagorou et al., 2020; Powell, 2021; Zeidler & Kahn, 2014). Berkowitz und Simmons (2003) drücken diese Zielperspektive programmatisch wie folgt aus:

Science education must serve as a foundation for the education of an informed citizenry who participate in the freedoms and powers of a modern, democratic, technological society. With the rapid development of scientific knowledge and the advent of new technologies, all members of society must have an understanding of the implications of that knowledge upon individuals, communities, and the “global village” in which we now live (Berkowitz & Simmons, 2003, S. 117).

Gerade in Bezug auf die Befähigung von Lernenden zur aktiven Partizipation an gesellschaftlichen Diskursen und Entscheidungsprozesse gilt es, die Implikationen im Hinblick auf eine *Orientierung* in einer immer komplexeren und von Naturwissenschaften und Technik durchdrungenen Welt zu reflektieren. Diesbezüglich lässt sich Böhme (1979) anführen, der schon vor über 45 Jahren argumentiert, dass zur Orientierung in der Lebenswelt Schule den Lernenden ein Verständnis für naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen und deren gesellschaftlicher Verwendung notwendig sind.

Unsere Welt, auch unsere Lebenswelt, ist durch Naturwissenschaften und Technik bestimmt. Das heißt aber nicht, daß wir nach naturwissenschaftlichen Erfahrungsweisen leben, sondern, daß Naturwissenschaften und Technik bevorzugte Lösungskapazitäten darstellen. Diese sind jedoch in der Regel nicht in der Hand der unmittelbar Betroffenen (der Energieverbraucher, der Flugzeugpassagiere, der Radiohörer), sondern werden von professionellen Wissensstäben, den Fachleuten, verwaltet. Soll der ‚allgemeinbildende‘ Unterricht in den Naturwissenschaften und in der Technik einen Sinn haben, so den, zukünftigen Naturwissenschaftlern und Technikern einen Begriff von der Einschränkung und Spezifität ihrer Methoden zu geben, und den anderen, nachher ‚bloß‘ Betroffenen die Möglichkeit zu geben, ihrer beständigen Entmündigung durch die Wissensstäbe entgegenzuwirken (Böhme, 1979, S. 133 f.).

Übereinstimmend mit Reiners (1994) und der Idee der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist die Aussage von Böhme (1979) derart zu ergänzen, als dass sich ein allgemeinbildender Naturwissenschaftsunterricht eben nicht nur auf die zukünftigen Naturwissenschaftler*innen fokussieren soll, sondern dass sich der von Böhme (1979) geschilderte Sinn auch für *alle* potentiellen Verantwortungsträger*innen in der Gesellschaft ergibt. Auch wenn die Argumentationen von Böhme (1979) und Reiners (1994) in anderen Begründungszusammenhängen und unter anderen Kontextbedingungen entstanden sind, haben sie weiterhin eine Aussagekraft, denn der Stellenwert von Naturwissenschaften und Technologien hat eher zu- als abgenommen und die Funktionsweisen gegenwärtiger technologischer Innovationen, beispielsweise von Künstlicher Intelligenz, sind für Laien oft unklar, wenn selbst die Expert*innen die Möglichkeiten nicht absehen können. Daher kann von einer gewissen Zeitlosigkeit dieser Argumentationen ausgegangen werden, weshalb abgeleitet werden kann, dass Böhme (1979) mit diesem Zitat aufzeigt, dass die Lehrer*innenbildung gefordert ist. Denn gerade die Lehrenden müssen dazu befähigt werden, den Lernenden die Möglichkeit zu eröffnen, sich mit Erklärungen in der Lebenswelt aktiv handelnd in Diskursen zu orientieren. Es ist beispielsweise wichtig, danach zu fragen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse, die zur Begründung eines bestimmten Handelns in Bezug auf SSI zustande gekommen sind, und welche Handlungsalternativen es darüber hinaus gibt. Lehrer*innen, die entsprechend ausgebildet sind, können die Lernenden ihres Unterrichts dahingehend anleiten, Begründungszusammenhänge von Diskursen und Entscheidungsprozessen um SSI kritisch zu beleuchten. Darüber hinaus sind sie aufgrund von erworbenem Wissen in der Lage, Handlungsalternativen zu suchen, zu erkennen oder allein bzw. mit anderen zusammen sogar handelnd zu erzeugen.

Den Lehrer*innen kommt somit ein enormes *Multiplikatorpotenzial* und eine gesellschaftliche Schlüsselrolle zu (Hattie, 2009), was ihnen im Rahmen ihrer Ausbildung einerseits bewusst gemacht werden muss, andererseits müssen sie aber auch Wege zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Bildung dargeboten bekommen. Vermittlungsansätze müssen dabei den Forderungen nach Mündigkeit und Reflexion sowie der Fähigkeit zum begründeten aktiven individuellen oder kollektiven Handeln gerecht werden. Gerade mit Blick auf SSI ist es besonders wichtig, dass innerhalb der Ausbildung von angehenden Chemielehrer*innen Kompetenzen zur Einschätzung von Expertenaussagen und deren Vermittlung an Laien gefördert werden. Denn Lehrer*innen haben die Aufgabe, Wissen, das Fachwissenschaftler*innen, die jeweils Experten sind, gewonnen haben, an Laien zu vermitteln. Sie haben eine Zwischenposition, da sie nicht über eine formale Ausbildung im jeweiligen Wissenschaftsgebiet als Experte verfügen, aber über weiterführende akademische Informiertheit in einem Wissenschaftsgebiet durch ihr Studium erworben haben und Expert*innen in der Vermittlung von Wissen des jeweiligen Wissenschaftsgebiets sind (Bromme & Kienhues,

2012). Wenn Laien sich mit SSI beschäftigen, können sie auf verschiedene Meinungen treffen und sehen sich der Herausforderung gegenüber, die Gültigkeit bzw. Vertrauenswürdigkeit der jeweiligen Aussage einzuschätzen. Für Kolstø (2001b) sind dies häufig Wissensbehauptungen auf die Frage, ob eine bestimmte Praxis ein Risiko für die menschliche Gesundheit oder Umwelt darstelle, denn die Beurteilung von Risiken kann weitreichende Konsequenzen für das individuelle Leben haben. Oftmals handelt es sich bei möglichen Risiken um vorläufige Erkenntnisse einer Naturwissenschaft oder einer Grenzwissenschaft. Gerade bei SSI ist die von Laien wahrgenommene Uneinigkeit zwischen Wissenschaftlern und anderen Experten eine der größten Frustrationen.

Die Reflexion wissenschaftlicher Erkenntnisse wird gegenwärtig aufgrund aktueller Themen, wie der COVID19-Pandemie oder dem Klimawandel, auch außerhalb von Bildungsinstitutionen zum Thema in *Medien* und Politik (Blamberger, Freimuth et al., 2018). Dabei läuft die Kommunikation nicht nur über klassische, sondern auch besonders über digitale Medien. Diez und Heisenberg (2020) rücken die digitalen Medien in den Vordergrund, weil die gegenwärtigen demokratischen Gesellschaften ohne die Möglichkeit, sich selbstständig mit Hilfe des Internets zu informieren, nicht mehr handlungsfähig seien. Im Internet gibt es, in Abgrenzung zu klassischen Medien, keine obligatorischen Filtermechanismen im Sinne von Gate Keeping, wie Peer-Review, zur Prüfung von Glaubwürdigkeit von Informationen, sondern sie werden durch individuelle Filtermechanismen ersetzt (Hötteke & Allchin, 2020). Durch diese Veränderungen entstehen für die naturwissenschaftliche Bildung neue Herausforderungen, denn

nicht nur die Reflexion über Genese und Charakteristika naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, wie sie durch die bisherigen NoS-Konzepte [Nature of Science-Konzepte, Anm. d. Verf.] angeregt wurde, sondern die darüberhinausgehende Reflexion über die Art und Weise der Weitergabe der Erkenntnisse an die Öffentlichkeit und damit an die Lernenden ist notwendig (Reiners, 2022, S. 98).

Gegenwärtige Themen sind in der globalisierten Welt für die Gesellschaft insgesamt komplex, darüber hinaus auch, besonders für die Lernenden in der Schule, im Hinblick auf die Einschätzung des Verlässlichkeitsgehalts von (wissenschaftlichen) Aussagen stark fordernd (Bromme & Kienhues, 2012; Bromme, 2020).

SSI können im Kontext von naturwissenschaftlicher Grundbildung ein Wissen über die verschiedenen Arten von Wissenschaft vermitteln. Dabei geht es nicht darum, die Herausforderungen der Fachwissenschaften zu klären, wohl aber bei den Laien ein Verständnis für die Sichtweisen und

Argumentationen der Wissenschaftler*innen fördern. Grundlegend sind hier Einsichten dahingehend, dass Entscheidungen immer auf Grundlage der gegenwärtigen Erkenntnisse *im Einklang mit weiteren Teilsystemen der Lebenswelt, wie der Wirtschaft, Medizin oder Politik* (Aikenhead, 1985), gebracht werden müssen und dabei die jeweiligen Unsicherheitsfaktoren offen benannt, diskutiert und reflektiert gehören. Diese Zielperspektive beschreibt Osborne (1997 zitiert nach Kolstø, 2001a) im Hinblick auf die handlungsorientierte Befähigung der Lernenden wie folgt: “The need for students to understand not only ‘what we know’ but ‘how we know’“ (Osborne, 1997, S. 11 zitiert Kolstø, 2001a). Für Reiners (2022) folgt daraus konkret, dass „sie [die Lernenden, Anm. d. Verf.] befähigt werden, die Entstehungsgeschichte der Lösungen ebenso wie die Grenzen der Gültigkeitsbereiche dieser Lösungen zu reflektieren, um die Belastbarkeit der Lösungen prüfen zu können“ (Reiners, 2022, S. 94). Erst wenn Kenntnisse beispielweise über *Grenzen der Gültigkeit* vorhanden sind, können ebenjene kommuniziert und bewertet werden, sodass Kompetenzen aus dem Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung Kompetenzen in den Kompetenzbereichen Kommunikation und Bewertung überhaupt möglich machen (ebd.). In Bezug auf die Chemiedidaktik wird diesen Forderungen beispielsweise eine methodologisch-kritische Chemiedidaktik (Reiners, 1994) gerecht, indem die Lehrenden dahingehend ausgebildet sind, den Lernenden zu ermöglichen, „sich mit Erklärungen [zu, Anm. d. Verf.] orientieren und das heißt mittels rational begründeter Ergebnisse mit Mitgliedern der Gesellschaft in Diskurs treten zu können“ (ebd., S. 34). Diese Forderungen entsprächen dann denen Kants in Bezug auf die universitäre Bildung, denn

er [für Kant der Philosophiestudierende, in diesem Kontext lässt sich dieses Zitat aber auch mit Lernenden in Schule und Hochschule denken, Anm. d. Verf.] soll nicht Gedanken, sondern denken lernen; man soll ihn nicht tragen, sondern leiten, wenn man will, daß er in Zukunft von sich selbst zu gehen geschickt sein soll (Kant, 1905/1968, S. 306).

An dieser Stelle bietet es sich an, auf den Begriff des *Orientierungswissens* genauer einzugehen. Mohr (1989) unterscheidet Orientierungs- von Verfügungswissen, wobei letzteres für ihn eine Art Sachwissen darstellt, was von Experten generiert worden ist, was den Rahmen des technisch Machbaren absteckt und, was ohne vorhergehende didaktische Transformation zu komplex für schulische Vermittlungsprozesse sei. Wohingegen Orientierungswissen als Wissen die Maßstäbe und dem Handeln zugrunde liegenden Werte abstecke. Dabei wird folgende Art von Wissen virulent: „Was soll ich tun? Was darf ich (nicht – oder nicht mehr) tun?“ (Mohr, 1989, S. 200). Die Einbindung von SSI im Chemieunterricht ermöglicht die Vermittlung eines Wissens im Sinne Mohrs Orientierungswissens, denn hierbei können Räume geschaffen werden, um unterschiedliche Positionen zu diskutieren und sich auch in Positionen in rollengebundenen Methoden einzudenken,

um selbst durch die Begegnung mit verschiedenen Positionen selbst, neben den verfügenswissensbezogenen Aspekten, abwägen zu können, inwiefern welche Positionen für den eigenen Werthorizont passend sind. Hodson (2014a) erweitert diese auf das Individuum ausgerichtete Perspektive damit, dass eine *partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung* konkret zum Handeln befähigen sollte, d. h. zum konkreten Ergreifen von Maßnahmen, und dabei auch andere, wie Eltern, Großeltern, Freunde, Verwandte, Nachbarn, Unternehmen und Vereine, zur Partizipation zu ermutigen.

Wenn im Kontext von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen die Geltungsansprüche von wissenschaftlichen Aussagen und deren Beiträge für eine Orientierung in der Lebenswelt reflektiert werden soll, ist es notwendig, Zusammenhänge zwischen dem SSI-Rahmenkonzept und den Erkenntnissen zur Förderung eines adäquaten Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science, kurz NoS, vgl. Kapitel 2.1.7) zu berücksichtigen. Dabei können SSI als reine Kontexte instrumentell genutzt werden oder in einer dualistischen Weise, die sowohl die Implikationen der SSI als auch der zum jeweiligen SSI passenden Aspekte der Natur der Naturwissenschaften in den Vermittlungsprozessen zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zusammenbringen.

2.1.7 Wie Nature of Science Aspekte und SSI sich wechselseitig bereichern

SSI stellen einen Rahmen für die Förderung eines Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften im Besonderen dar (Eastwood et al., 2012; Sadler, 2009; Zeidler & Sadler, 2011). Ein Verständnis der Natur der Naturwissenschaften ist ein essenzieller Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Roberts, 2007). Obwohl es keinen einheitlichen Konsens über eine Definition von *Nature of Science* (NoS) gibt (Lederman, 2007; Reiners, 2022; Müller, 2021), wird es allgemein als die Epistemologie der Naturwissenschaften beschrieben und stellt eine Art Metawissen dar. NoS bildet eine Reflexion über naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen sowie implizierte Werte und Einstellungen zu naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und ihrer Entwicklung ab (Lederman, 2007; Reiners, 2022). Die Ursprünge des Begriffs liegen im angloamerikanischen Raum, hier wird von der Nature of Science gesprochen, weshalb die deutsche Übersetzung Natur der Naturwissenschaften lautet. Hofheinz (2008; 2010) gibt zu bedenken, dass durch die Verwendung der Begrifflichkeit „eine vermeintlich in der Natur der Naturwissenschaften liegende immanente Zwangsläufigkeit missverstanden werden kann“ (Hofheinz, 2008, S. 62). Da es sich bei dem Begriff der Nature of Science eher um ein offenes und vorläufiges Gedankenkonstrukt handelt, wird dieser Begriff im Folgenden ausschließlich verwendet. Mit diesem Begriff vor Augen lassen sich bestimmte

Merkmale naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ableiten, die Schwartz und Lederman (2002) wie folgt benannt haben:

(a) scientific knowledge has a basis in *empirical evidence*; (b) empirical evidence is collected and interpreted based on current scientific perspectives (*subjectivity*, or *theory-laden* observations and interpretations) as well as *personal subjectivity* because of scientists' values, knowledge, and prior experiences; (c) scientific knowledge is the product of human *imagination and creativity*; and (d) the direction and products of scientific investigations are influenced by the society and culture in which the science is conducted (*sociocultural embeddedness*) (Schwartz & Lederman, 2002, S. 207, Hervorhebungen wie im Original).

In der Publikation von Driver et al. (1996) wurden fünf Argumente genannt, die eine dauerhafte Grundlage für die Vermittlung von NoS im Chemieunterricht begründen: *das ökonomische, das utilitaristische, das demokratische, das moralische, das kulturelle und das Lern-Argument*. Diese Argumente sind auch für SSI bezogene Vermittlungsprozesse von Relevanz.

Das utilitaristische Argument beleuchtet, dass möglichst jeder Mensch ein gewisses Verständnis von Naturwissenschaften benötigt, um technologische Produkte, Prozesse und Veränderungen aus der Lebenswelt verstehen zu können. Das demokratische Argument besagt, dass Menschen in Entscheidungs- und Verhandlungsprozessen um SSI partizipieren können sollten. Das kulturelle Argument beleuchtet Zusammenhänge von Naturwissenschaften und gegenwärtiger Kultur sowie den Stellenwert der Naturwissenschaften als Kulturleistung aus der Lebenswelt. Das ethisch-moralische Argument beleuchtet, dass Entscheidungen von Einzelpersonen und der wissenschaftlichen Gemeinschaft bezogen auf SSI mit ethischen und moralischen Implikationen einhergehen, die eine Verantwortung zur Folge haben. Darüber hinaus kann aufgrund des Lernarguments ein Verständnis von NoS ein erfolgreiches Lernen von Naturwissenschaften fördern. Alle genannten Argumente haben einen Bezug zu SSI und deren Diskursen aus der Lebenswelt, denn im Zuge von naturwissenschaftlicher Grundbildung sollen Lernende darauf vorbereitet werden, begründet und verantwortungsvoll in ihren Leben selbst zu handeln und an partizipatorischen Prozessen aktiv mitzuwirken (Aikenhead 1985; Fullinwider 1987; Sjøberg 1997; Karisan & Zeidler, 2016; Zeidler, Berkowitz & Bennett, 2014). Driver et al. (1996) beziehen sich in ihrer Argumentation auf Thomas und Durant (1987), die diese Argumente in Bezug auf die Frage, warum ein Verständnis der Naturwissenschaften für die Öffentlichkeit wichtig ist, diskutieren. Unter Rückbezug auf das demokratische Argument wird es im Hinblick auf besonders kontroverse Themen, wie den SSI, relevant, dass die Laien die Argumente und Lösungsvorschläge der Expert*innen nachvollziehen können,

wofür schon in der Schule durch die Lehrer*innen als Vermittler*innen die Grundsteine gelegt werden müssen (Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Höttecke & Allchin, 2020).

Wenn man mit Böhme (1979) übereinstimmt, liegt manches spezifische Wissen für bestimmte Herausforderungen nicht in den Händen der Betroffenen, weshalb sie entsprechenden Experten der Wissenschaft Vertrauen schenken und deren Sichtweisen berücksichtigen müssen, um überhaupt Zugang zur Positionierung finden zu können. Jedoch macht Busse (1987) deutlich, dass das Vertrauen in die Wissenschaft im Allgemeinen und in die Chemie im Speziellen von Seiten der Gesellschaft geschwächt und ständigen *Bewährungsproben* ausgesetzt ist, da „die Formel ‚wissenschaftlich erwiesen‘ – einst das Gütesiegel schlechthin – längst die Nebenbedeutung von ‚unzuverlässig‘, ‚einseitig‘ oder gar ‚korrupt‘ mit sich führt“ (Busse, 1987, S. 107). Es ist möglich, dass die Lernenden in einer dieser Aussagen ähnlichen Lebenswelt leben, weshalb die Chemielehrer*innen stark herausgefordert werden können, ihnen wissenschaftliche Erkenntnisse und deren Glaubwürdigkeit zu vermitteln. Um dieser Herausforderung zu begegnen, sollten die Chemielehrer*innen schon an der Universität als Lehramtsstudierende dahingehend angeleitet werden, dass eine Glaubwürdigkeit von Wissenschaft bei Subjekten durch eine Reflexion (a) der Möglichkeiten und Grenzen des Expertentums und (b) über eine Reflexion der Geltungsbereiche und Grenzen wissenschaftlicher Erklärungen angebahnt werden kann (vgl. Reiners, 1994), welche eine Triebkraft für Orientierungswissen (als Wissen um Handlungsmaßstäbe) sein kann. Leuschner (2012) unterscheidet drei mögliche Glaubenskonstellationen, i) zwischen Laien (allg. Glaubwürdigkeit), ii) zwischen Experten (innerwissenschaftliche Glaubwürdigkeit), iii) zwischen Laien und Experten (außerwissenschaftliche Glaubwürdigkeit) (Leuschner, 2012, S. 36), wobei in dieser Arbeit besonders die außerwissenschaftliche Glaubwürdigkeit im Lichte naturwissenschaftlicher Grundbildung fokussiert werden soll.

Gerade in Bezug auf den Umgang mit Verschwörungstheorien als gegenwärtige Herausforderung tritt die außerwissenschaftliche *Glaubwürdigkeit* in den Fokus. Hier ist als fachlicher Hintergrund die Forschung zur Bewertung von naturwissenschaftlichen Aussagen der NoS-Forschung von Bedeutung. In einer Studie von Bell und Ledermann (2003) wurden die Entscheidungsfähigkeiten zu verschiedenen SSI von Studierenden untersucht, dabei wurden auch ihre Sichtweisen zu Aspekten der NoS erhoben. Das Ergebnis untermauerte andere Ergebnisse aus früheren Arbeiten (Fleming, 1986a; Fleming, 1986b; Zeidler & Schafer, 1984), denn soziokulturelle Faktoren, wie persönliche Werte, beeinflussen Entscheidungsprozesse zu SSI derart, dass sie Wissen über die Natur der Naturwissenschaften abschwächen.

In einer Studie von Eastwood et al. (2012) wurden Schüler*innen vergleichend sowohl mit als auch ohne SSI-Bezüge in einem Physiologiekurs unter der expliziten Berücksichtigung von Aspekten der NoS unterrichtet. Beide Gruppen erreichten in quantitativen Tests ähnliche Werte, doch im Zuge einer qualitativen Analyse zeigte sich, dass die Gruppe, die mit SSI-Bezügen unterrichtet worden ist, deutlich mehr verschiedene Beispiele nutzen, um ihre Ansichten zu beschreiben. Lee (2008) untersuchte unter Verwendung eines SARS-Ausbruchs in China das Verständnis der Natur der Naturwissenschaften der Lernenden. Hier ging es insbesondere um das Verständnis der Natur durch Entdeckungen und um die Nutzung der Wissenschaften in der Politikberatung. Lee (2008) kommt zu dem Schluss, dass durch SSI-Fallstudien Lernende ihr Verständnis der NoS verbessern können, denn hier können Entscheidungen über wichtige lokale, gesellschaftliche und globale Probleme dazu beitragen, Erfahrungen in der Verhandlung komplexer Probleme zu sammeln (Lee et al., 2013).

Zeidler und Sadler (2011) argumentieren, dass in NoS-Vermittlungsprozessen die explizite Integration von SSI notwendig sei, um Lernende handlungsfähig zu machen. Aus empirischer Sicht ließ sich belegen, dass Lernende nach der Teilnahme an SSI bezogenen Vermittlungsprozessen ihre Sicht auf bestimmte NoS-Aspekte verbessern konnten, bspw. im Hinblick auf Kreativität (Walker & Zeidler, 2007; Bliersbach, 2017), Vorläufigkeit (Eastwood et al., 2012; Müller, 2021), Subjektivität (Bell, Matkins & Gansneder, 2011) oder Empirismus (Zeidler et al., 2002; Marniok, 2018). Auch haben Khishfe und Lederman (2006) vergleichend den NoS-Zuwachs unter SSI-Bezug am Beispiel des Klimawandels und ohne diesen untersucht, wobei Ersteres effektiver war. Zeidler und Nichols (2009) argumentieren, dass NoS notwendig ist, um die verschiedenen Ebenen von SSI thematisieren und diskutieren zu können, denn die Lernenden erhalten dadurch Möglichkeiten zur Reflexion des eigenen Aktivismus und Engagements in wissenschaftsgerecht-authentischen Prozessen. Eastwood et al. (2012) argumentieren, dass sich SSI-Vermittlungsprozesse und eine NoS-Vermittlung unter *Lebensweltbezug* gegenseitig unterstützen (Eastwood et al., 2012). Daraus kann geschlussfolgert werden, dass SSI-Vermittlungsprozesse sich auch auf NoS beziehen, da sie zum Verständnis der SSI-Einsichten bezüglich NoS grundlegend notwendig sind. Um sich in der Lebenswelt mit dem erworbenen Wissen orientieren zu können, braucht es Bildungsprozesse, die den Lernenden Möglichkeiten der Orientierung in Form von konkretem Handeln eröffnen und dabei helfen, die Auswirkungen von verschiedenen Arten des Handelns abzuschätzen, was jedoch eine Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse im Hinblick auf Geltungsansprüche voraussetzt.

2.1.8 Vorläufigkeitsaspekte von naturwissenschaftlichem Wissen und die Rolle von Expertisen in der Politik

Gerade der Aspekt der Vorläufigkeit von naturwissenschaftlichem Wissen kann die von Busse (1987) beschriebene Haltung gegenüber den Naturwissenschaften noch verstärken, da in der Literatur immer wieder betont wird, dass die vorläufige Natur von naturwissenschaftlichem Wissen sich auf alle Arten von Wissen (d. h. insb. Theorien, Gesetze, Fakten) bezieht. Dies kann dafür sorgen, dass die Seite der Beständigkeit und Sicherheit von naturwissenschaftlichem Wissen vernachlässigt wird, wie Clough erläutert:

For example, stating that scientific knowledge is tentative does reflect the changes in scientific knowledge that have occurred throughout history. However, the tenet ignores the durable character of well-supported scientific knowledge. Students who claim that science is tentative without acknowledging the durability of well-supported scientific knowledge can hardly be said to understand the nature of science (Clough, 2007).

Sachsse (1979) hebt auf die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse dahingehend ab, dass er eine „Entwicklung von der Kausalität zur Gesetzmäßigkeit und schließlich Wahrscheinlichkeit“ (Reiners, 1989, S. 24) konstatiert, nach der „das Unbezweifelte und Selbstverständliche, die Dogmen, die philosophischen Systeme, die Letztbegründungen (...) einer vorsichtigen Skepsis Platz gemacht“ (Sachsse, 1979, S. 179) haben. Aus dieser Unsicherheit von Wissenschaft und der damit einhergehenden *charakteristischen Vorläufigkeit* von naturwissenschaftlichem Wissen entsteht ein Spielraum, gleichsam entstand aber auch „eine Diskussion über die Akzeptanz und Relevanz der Naturwissenschaften im Allgemeinen (...), die weit über die einzelnen Fachbereiche hinausgeht“ (Reiners, 1989, S. 25). Daraus entwickeln sich gerade für die Chemie Bewährungsproben, sowohl auf gesellschaftlicher als auch politischer Ebene, „von denen beispielhaft die gesamte Umweltdiskussion Zeugnis ablegt“ (ebd., S. 26).

Welchen Einfluss die Politik auf die Vorläufigkeit und die Glaubwürdigkeit von Naturwissenschaften hat, zeigt Leuschner (2012) eindrucksvoll, sie verwendet den Begriff der glaubwürdigkeitsrelevanten Forschung (Leuschner, 2012). Für Leuschner (2012) ist die Klimaforschung eine Wissenschaft, die „ein äußerst komplexes Forschungsobjekt zum Gegenstand hat und dabei unter großem politischem Druck steht“ (Leuschner, 2012, S. 176), denn die Politik erwartet von der Wissenschaft Handlungsempfehlungen zum Umgang mit dem Klimawandel, was sie zur glaubwürdigkeitsrelevanten Forschung macht. Dabei handelt es sich um ein Thema, welches in diverse Interessensge-

mengelagen, wie beispielsweise *ökologische, ökonomische oder soziale Interessen*, eingebunden ist. Sie versteht unter glaubwürdigkeitsrelevanter Forschung wissenschaftliche Forschung, bei der epistemische Unsicherheiten, bedingt durch komplexe interdisziplinäre Forschungsgegenstände, die mit einem methodischen wie theoretischen Pluralismus einhergehen, auf politische, moralische, soziale oder ökonomische Interessen treffen (Leuschner, 2012). Dieser methodische und theoretische Pluralismus ermöglicht verschiedene Perspektiven auf den entsprechenden Forschungsgegenstand, wodurch ein relativ robustes Wissen erzeugt werden kann, jedoch sind hinsichtlich eindeutiger Prognosen aufgrund der den Gegenständen innewohnenden Komplexität weiterhin Interpretationsspielräume gegeben (ebd.), wodurch viele Fragestellungen teilweise offenbleiben. Die Politik, die zum Handeln gezwungen ist, fordert trotz epistemischer Unsicherheiten, welche durch komplexe Forschungsgegenstände entstehen, von Wissenschaftler*innen eindeutige Ergebnisse, sog. Expertisen.

Nachdem in der vorherigen Passage die Herausforderungen der Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens im Allgemeinen und deren gesellschaftliche Auswirkungen beleuchtet wurden, wird dies nun konkret anhand der Klimaforschung expliziert. Hierbei kommt dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) eine entscheidende Rolle als Mittelinstanz zwischen Wissenschaft und Politik (Leuschner, 2012, S. 165) zu, denn hier werden die zentralen Ergebnisse der Klimaforschung zu sogenannten “Summaries for Policymakers“ unter Beachtung des Konsensprinzips gebündelt und miteinander, mit dem Ziel, eindeutige Ergebnisse und Handlungsempfehlungen zu geben, in Beziehung gesetzt. Diese Publikationen können als Expertisen im oben genannten Sinne bezeichnet werden. Leuschner (2012) bewertet dies als „eine Forderung, der kaum nachgekommen werden kann“ (Leuschner, 2012, S. 165), da die Klimaforschung ihre Basis nicht in einer Einzelwissenschaft hat, sondern mit diversen Wissenschaften und damit mit einem methodischen und theoretischen Pluralismus einhergeht. Das Grundproblem besteht nach Leuschner (2012) weiterhin darin, dass die epistemische Pluralität der Wissenschaften mit politischer Relevanz „oft auf einen verschärften politischen Eindeutigkeitsanspruch trifft“ (Leuschner, 2012, S. 165). Dies ist für die Klimaforschung besonders aufgrund der epistemischen Unsicherheiten beim Modellieren von Klimaprognosen herausfordernd, denn selbst für „kleine, temporär oder lokal begrenzte Berechnungen müssen oft riesige Datenmengen herangezogen und verarbeitet werden“ (Leuschner, 2012, S. 179).

In einer komplexen Welt in der politische Entscheidungsträger*innen die Verantwortung haben, für alle in der Gesellschaft relevante und kontroverse Gegenstände fachlich fundiert, interdisziplinär

när und mit ihren Folgen für die verschiedenen Gesellschaftsbereiche einzuschätzen, nehmen *Expertisen* eine Vermittlungsrolle zwischen Wissenschaft und Politik ein. In diesem Zuge gilt es den Begriff der Expertise zu reflektieren, denn durch sie wird die Politik informiert. Expertisen in Form einer Stellungnahme von Experten machen nach Goldman (2001) Folgendes aus:

An expert has the (cognitive) know-how, when presented with a new question in the domain, to go to the right sectors of his information-bank and perform appropriate operations on this information; or to deploy some external apparatus or databanks to disclose relevant material (Goldman, 2001, S. 91).

Der Definition von Goldman (2001) folgend können Wissenschaftler*innen Experten genannt werden. Im Rahmen von außerwissenschaftlicher Glaubwürdigkeit kommt den Experten die Aufgabe zu, zwischen Laien und Wissenschaft zu vermitteln, da sie über die Kompetenz verfügen, Abhängigkeiten zu erkennen, die fachliche Adäquatheit vor dem Hintergrund des gegebenen Kontextes einzuschätzen, sowie auch Interessensgemengelage und Geltungsansprüche der entsprechenden Aussagen zu beurteilen wissen. Schule soll dazu befähigen, dass Laien den Experten mit einem grundlegenden Verständnis über wissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen gegenüber treten, damit sie als mündige Subjekte ihre Positionen darstellen und vor dem Hintergrund neuer Erkenntnisse sowie der eigenen Interessen abwägen können. Brown (2001, S. 206) weist darauf hin, dass nicht nur die Interpretation der Daten eine Schwierigkeit darstellt, sondern auch die Übermittlung, da dies zumeist über die Massenmedien geschieht, und das heißt nicht unbedingt durch Experten, sondern im Rahmen allgemeiner Glaubwürdigkeit. *Massenmedien* stellen Plattformen zur Meinungsäußerung dar und verfolgen nicht selten eigene Interessen, denn sie haben

Interesse an Nachrichten, denen Eindeutigkeit, Sensation oder Negativität zugeschrieben werden können. Wissenschaftliche Unsicherheiten und von vielen unterschiedlichen Aspekten begleitete wissenschaftliche Erkenntnisprozesse lassen sich daher nur schwer mit den Erfordernissen medialer Berichterstattung vereinbaren (Weingart, Engels & Pansegrau, 2002, S. 90).

Konkurrierende Expertisen können einen Konsens zu kontroversen Themen erschweren und sie können von bestimmten Interessensgruppen zu ihrem eigenen Vorteil genutzt werden. Infolgedessen wird für Leuschner „Forschung in solchen Bereichen häufig selbst zum politischen Schauplatz, und Wissenschaftler werden zu Verantwortungsträgern“ (Leuschner, 2012, S. 195). Öffentlich auftretenden Wissenschaftler*innen obliegt die Verantwortung,

wissenschaftliche Unsicherheiten und Diskrepanzen transparent zu machen. Dies impliziert, dass sie sich (politisch oder moralisch) positionieren müssen. (...) Das kann allerdings zu Problemen führen, da von Seiten der Öffentlichkeit häufig erwartet wird, dass Wissenschaft wertfrei zu sein hat (Leuschner, 2012, S. 197 f.).

In der Lebenswelt vieler Menschen besteht diese Vorstellung im allgemeinen Bewusstsein. Für Leuschner sind „alle gesellschaftlichen (medialen, politischen, bildenden, künstlerischen etc.) Institutionen gefordert“ (Leuschner, 2012, S. 198) obsolet gewordene Vorstellungen wissenschaftlicher Wertfreiheit zu thematisieren. Die epistemischen Unsicherheiten und die Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens stellen eine Herausforderung für die Glaubwürdigkeit ebenjenes Wissens dar.

2.1.9 Klimaskepsis als exemplarische Herausforderung: Implikationen für Bildung und Gesellschaft

Der Begriff der Fakten leitet sich von lateinischem Wort „*factum*“, einer Form von „*facere*“, ab. Letztere bedeutet tun oder machen (Hagen, 2019). Fakten wurden als die ewigen, unveränderlichen und empirischen Bausteine des Lehrgebäudes der Wissenschaft betrachtet (Hagen, 2019, S. 336) und gelten damit als Basis der Wissenschaft, jedoch nicht als Wissenschaft selbst (Hagen, 2019, S. 300). Als konträr zu Fakten gelten die alternativen Fakten, auch Fake News genannt. Gerade in Bezug auf den Klimawandel sind jene weit verbreitet und hier ist der Begriff der Klimaskepsis relevant, daher wird dieser Begriff und seine Implikationen für die Gesellschaft im Folgenden ausführlicher diskutiert. Klimaskepsis ist ein Aspekt des SSI Klimawandel, der jedoch die Grundlagen dafür, dass es sich um einen SSI handelt, in Frage stellt. Für Soentgen und Bilandzic (2014) stellen sich Klimaskeptiker*innen

gegen den Mainstream und behaupten, dass der wissenschaftliche Konsens über die Ursachen der globalen Erwärmung nicht nur falsch, sondern gefälscht sei. Sie gehen von einer Verschwörung der Klimaforscher(innen) aus (Soentgen & Bilandzic, 2014, S. 40).

Schauplätze dieser Konflikte liegen sowohl wissenschaftsintern als auch, und das zum großen Teil, wissenschaftsextern. Leuschner (2012) stellt die Vermutung auf, dass „im klimaskeptischen Diskurs auch politische, moralische, soziale und ökonomische Interessen artikuliert werden“ (Leuschner, 2012, S. 2). Anhand der von Leuschner (2012) benannten Interessen lässt sich eine Begründung für die Thematisierung von Klimaskepsis im naturwissenschaftlichen Unterricht finden, denn

diese spiegeln die NoS-Argumente von Driver et al. (1996) wider. Durch die exemplarische Reflexion von Diskursen um Klimaskepsis lassen sich Einsichten erwerben, um viele weitere Argumentationen rund um SSI zu analysieren und im Hinblick auf ihre Geltung einzuordnen.

Konkret bezogen auf den Klimawandel differenziert Viehöver (2012) insgesamt sechs Erzählweisen: Drei dieser Erzählungen lassen sich als klimaskeptisch einordnen, während die eine klimaskeptische Erzählung von positiven Folgen des Klimawandels spricht, naturalisiert die zweite Erzählung die Ursachen von anthropogenen Treibhausgasen zu veränderten Sonnenstrahlen und die dritte klimaskeptische Erzählung deutet den Klimawandel als eine große betrügerische Machenschaft seitens der Medien und der Wissenschaft aufgrund kommerzieller Interessen und Macht Wünschen bestimmte Akteure (Soentgen & Bilandzic, 2014). Brunnengräber (2013) arbeitete in seiner Analyse klimaskeptischer Argumentationsmuster drei Bündel heraus, die insgesamt fünf Aspekte enthalten und sich zum Teil mit den Erzählungen von Viehöver (2012) decken. Demnach werden zum einen wissenschaftliche Unsicherheiten in den Fokus genommen und gleichzeitig „sichere Beweise (...) verlangt“ (Soentgen & Bilandzic, 2014, S. 41), zum anderen wird der Klimawandel als ein natürlicher, also nicht vom Menschen abhängiger, und kontinuierlicher Prozess wahrgenommen. Darüber hinaus wird der Klimawandel „als Täuschung und Verschwörung, die anderen Zielen dient, etwa politischen“ (Soentgen & Bilandzic, 2014, S. 41) bezeichnet. Ebenso kommt es zu direkten Angriffen auf Klimaforscher*innen und zu Versuchen, die Einigkeit in den Wissenschaften zum anthropogenen Klimawandel zu destabilisieren und dabei alternative Fakten zu verbreiten, die neben Brunnengräber auch das Umweltbundesamt herausarbeitet (Umweltbundesamt, 2019).

Insgesamt fassen Soentgen und Bilandzic (2014) die Studien zu drei Aspekten zusammen: demnach werden „1. Zweifel an den Ergebnissen der Mainstreamforschung geäußert, 2. eine Täuschung der Öffentlichkeit durch die Klimaforschung unterstellt sowie 3. politische Motive aufseiten der Klimaforschung konstruiert“ (Soentgen & Bilandzic, 2014, S. 41.) und sie zeigen, wie diese drei Aspekte, die Ebenen genannt werden, zu einer Erzählung verknüpft werden, „die für Laien verständlich und plausibel erscheint und bestimmte emotionale Reaktionen nahelegt“ (Soentgen & Bilandzic, 2014, S. 41). Dabei analysieren sie unter anderem knapp 100 Sachbücher (Soentgen & Bilandzic, 2014) und verwenden folgende Definition von Klimaskepsis:

Skepsis in Bezug auf Resultate der modernen Klimaforschung kann sich gegen folgende ihrer Annahmen richten: 1. Die globale Erwärmung ist eine Tatsache, 2. die wesentliche Ursache der globalen Erwärmung sind anthropogene Treibhausgasemissionen (vor allem CO₂), 3. die globale Erwärmung hat für Mensch und Natur mehr negative als positive

Konsequenzen, 4. Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen sind sinnvoll, um die globale Erwärmung aufzuhalten (Soentgen & Bilandzic, 2014, S. 42).

Klimaskepsis schließt demnach Zweifel im Hinblick auf folgende Gegenstände ein: 1. das Phänomen, 2. die Ursachendiagnose, 3. die Bewertung oder 4. die Therapie. Anhand des Gegenstandes Klimaskepsis lassen sich viele Merkmale von SSI thematisieren, da sie ein prominentes Beispiel für ein gesellschaftliches Problem darstellen, das in komplexen (natur-) wissenschaftlichen Kontexten verankert ist und moralische Implikationen birgt. Der Klimawandel ist eines der drängendsten Probleme der Gegenwart, mit weitreichenden Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, woraus sich eine Relevanz für alle Bürger*innen ergibt. Die Diskussion darüber, ob und inwieweit menschliche Aktivitäten dazu beitragen, ist von großer gesellschaftlicher Bedeutung und diese werden kontrovers geführt. Da in Bezug auf diese Frage skeptische oder leugnende Haltungen gegenüber den wissenschaftlichen Konsenspositionen zum anthropogenen Klimawandel in Teilen der Gesellschaft bestehen, führen gesellschaftliche Entscheidungsprozesse diesbezüglich zu kontroversen Diskussionen. Die Vielschichtigkeit der Klimawandelthematik, einschließlich wissenschaftlicher, politischer, sozialer und wirtschaftlicher Aspekte, macht sie zu einem unstrukturierten gesellschaftlichen Problem, bei dem es keine einfachen Lösungen gibt. Noch dazu hat die Frage, wie Gesellschaften mit dem Klimawandel umgehen sollen, d. h. welche konkreten Maßnahmen ergriffen werden sollen, tiefe ethische Dimensionen, sie betrifft nicht nur aktuelle, sondern auch zukünftige Generationen und wirft Fragen nach Verantwortung und Gerechtigkeit auf. Bei der Auseinandersetzung mit SSI ist der Klimawandel, auch gerade vor dem Hintergrund der Einsichten zu den planetaren Leitplanken, den Interessenslagen der Jugendlichen und der Einordnung als epochentypisches Schlüsselproblem, eine prominente und wichtige Thematik.

Zudem erklären Soentgen und Bilandzic (2014), weshalb sich fast 75 % der untersuchten Werke dazu äußern, dass die Mehrheit der Wissenschaftler*innen die Ansichten der Klimaskeptiker*innen nicht teilt. Meist führen klimaskeptische Texte an dieser Stelle Vermutungen zu groß angelegten verschwörerischen Machenschaften an, wodurch die Klimaskeptiker*innen zum einen kritische Rückfragen beantworten, zum anderen wird dadurch ein Feindbild geschaffen. Soentgen und Bilandzic (2014) beziehen sich dabei auf die drei von Barkun (2003) identifizierten Aspekte, die alle Verschwörungstheorien verbinden und auf Kuhn (2010). Nach Kuhn (2010) sind Verschwörungstheorien nicht falsifizierbar, vielmehr flexibel, um Gegenargumente und widersprechende Fakten passend zur eigenen Position umzudeuten. Gleichzeitig wird erklärt, weshalb klimaskeptische Ansichten schnell Zuspruch finden können, denn sie wandeln unter anderem Angst und Sorge vor

den Folgen des Klimawandels um in Zorn auf „betrügende“ Menschengruppen (Soentgen & Bilandzic, 2014).

Soentgen und Bilandzic (2014) verdeutlichen nicht nur, warum die Mehrheit der Wissenschaftler*innen klimaskeptische Ansichten ablehnt, sondern auch, wie in diesen Ansichten Verschwörungstheorien häufig eine Rolle spielen. Besonders anhand der Auseinandersetzung mit Aspekten der Klimaskepsis können Lernende für die Verflechtung wissenschaftlichen Wissens und gesellschaftlicher Entscheidungsprozesse sensibilisiert werden – hier geht es nicht nur um die Anwendung wissenschaftlichen Wissens, sondern auch um die Fähigkeit, unterschiedliche Perspektiven unter Abwägung verschiedener Akteure zu analysieren und Schlussfolgerungen zu ziehen. Gerade diese Thematik eignet sich zur Förderung von Ansätzen zum kritischen Denken und da die Diskussionen um Klimaskepsis häufig medial ausgetragen werden, eignen sie sich auch zur Förderung von Medienkompetenzen. Im digitalen Zeitalter sind Informationen leicht zugänglich, aber auch mitunter überwältigend und verwirrend. Lernende müssen deshalb in der Lage sein, zwischen vertrauenswürdigen und nicht vertrauenswürdigen Quellen zu unterscheiden (Höttecke & Allchin, 2020; Reiners, 2022). Klimaskepsis wird oft durch nicht fundierte Informationen und Fake News verstärkt, und Medienkompetenz ist entscheidend, um solche Fehlinformationen zu erkennen. Es gilt die Fähigkeit zu reflektieren, wie Medienberichte erstellt werden, welche Interessen dahinterstehen, und, wie bestimmte Standpunkte betont oder vernachlässigt werden, hilft dabei, Medienaussagen zu entschlüsseln. Dies fördert nicht nur ihre individuelle Bildung, sondern trägt auch zur Entwicklung einer informierten und verantwortungsbewussten Gesellschaft bei.

2.1.10 Grenzwerte als Instrumente zum Umgang mit Risiken im Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft

Nachdem die Vorläufigkeitsaspekte von naturwissenschaftlichem Wissen und die Rolle von Expertisen in der politischen Arena, auch exemplarisch am Beispiel der Klimaskepsis, betrachtet wurden, rücken nun *Grenzwerte* als Instrumente zum Umgang mit Risiken im Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft in den Fokus. Denn die mit den Emissionen der Oxide des Kohlenstoffs und Stickstoffs einhergehenden Herausforderungen stellen einen relevanten SSI mit für Menschen, Tiere und Umwelt allgegenwärtigen Risiken dar (Pietrocola et al., 2020). In diesem Kapitel werden daher die Aspekte „Risiko“ und „Grenzwerte“ als einen möglichen Umgang mit Risiken betrachtet. Risiken sind nach Becks *These der Risikogesellschaft* (Beck, 2016) von den Menschen verursacht und gehen mit neuen Technologien und Produkten einher, denn:

In der fortgeschrittenen Moderne geht die gesellschaftliche Produktion von *Reichtum* systematisch einher mit der gesellschaftlichen Produktion von *Risiken*. Entsprechend werden die Verteilungsprobleme und -konflikte der Mangelgesellschaft überlagert durch die Probleme und Konflikte, die aus der Produktion, Definition und Verteilung wissenschaftlich-technisch produzierter Risiken entstehen (Beck, 2016, S. 25; Hervorhebungen im Original).

Durch die Veränderungen der Welt hin zur (post-) modernen Gesellschaft des Massenkonsums entstehen neue und ungeahnte Produktivitätswerte, die einhergehen mit einem Aufbau an sozialer Sicherung, die die Menschen vor großer Not schützt. Dies kann für die einzelnen Subjekte einen Ausbau an Möglichkeiten in Bezug auf Sicherheit und Lebensverwirklichung bedeuten, doch geht dies nur durch eine starke (Über-)Nutzung von Menschen und Natur (Beck, 2016). Dabei liegt die besondere Bedeutung der (Natur-)Wissenschaften im Umgang mit diesen Risiken darin begründet, dass jene nicht über die Sinnesorgane wahrgenommen werden können, sondern mittels der Instrumente der Wissenschaft (Experimente, Modelle, Theorien) sicht- und interpretierbar gemacht werden (Beck, 2016). Daher müssen die Menschen, die zumeist wissenschaftliche Laien sind, für eine Partizipation zum einen Vertrauen in die Wissenschaft haben, zum anderen wissenschaftliche Erkenntnisse nachvollziehen können sowie darüber hinaus in der Lage sein, bestimmte Risiken zu bewerten (Pietrocola et al., 2020; Hansen & Hammann, 2017).

Pietrocola et al. (2020) stellen fest, dass die Lernenden in der Schule nicht lernen, *Risiken* wahrzunehmen und mit ihnen umzugehen. Schon Douglas (1994) beschrieb, dass die Bürger*innen aufgrund der Neuerungen des technischen und wissenschaftlichen Fortschritts mehr Risiken ausgesetzt sind und sie dadurch verletzlich werden, was sich in der Abnahme des Vertrauens in die Wissenschaften zeigt (Busse, 1987; Giddens, 1999). Becks (2016) These der Risikogesellschaft mit ihren schwerwiegenden Folgen für die Welt kann als alarmierend bezeichnet werden. Doch sind es neben diesen auch Risiken, die den Menschen im Alltag begegnen, wie Auswirkungen von Medikamenten oder Mobiltelefonen (Christensen, 2009), als komplexe risikobehaftete Gegenstände einzuschätzen. Hier treten bei den Bürger*innen auch Risikoentscheidungen aus dem persönlichen Leben in den Fokus, die nur mittelbar als SSI bezeichnet werden können – beispielsweise ist die Entscheidung, aus Umweltschutzgründen vegetarisch zu leben, auf ein Subjekt und dessen Lebenswelt bezogen, doch mittelbar hat diese Entscheidung Einfluss auf die Umwelt im Ganzen.

Um sich dem Begriff des Risikos zu nähern, muss verdeutlicht werden, dass Risikoforschung lange Zeit ein Gegenstand der Physik- und Lebenswissenschaften war und der Schwerpunkt auf der Messung und der Abstrahierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten lag (Christensen, 2009). Doch

werden zunehmend, besonders durch Becks Risikogesellschaft, auch gesellschaftswissenschaftliche Perspektiven involviert. Renn (1992) definierte Risiko wie folgt: “the possibility that an undesirable state of reality (adverse effects) may occur as a result of natural events or human activities” (Renn, 1992, S. 56). Diese Definition ist derart breit angelegt, dass durch sie wissenschaftlich-technische Perspektiven, wie toxikologische oder versicherungsmathematische Ansätze, wie auch gesellschaftliche Perspektiven, wie Entscheidungen einzelner Länder zum Verbot eines Stoffes, miteinander in Bezug gesetzt werden können. Ulrich Beck (1999) hat die Folgen einer Risikogesellschaft in einer globalen kosmopolitischen Welt derart beschrieben, dass die entstehenden Risiken und negativen Auswirkungen zu globalen und räumlich entgrenzten Herausforderungen werden – gegenwärtige Beispiele sind die globale Erwärmung oder die COVID19-Pandemie.

Risiken haben eine objektive, auf wissenschaftliches Wissen bezogene Seite, aber auch eine subjektive, auf die wertbasierte Einschätzung bezogene Seite (Böhm & Pfister, 2005; Schenk et al., 2019). Risikosituationen sind daher nicht bloß als einfache Kausalzusammenhänge aufzufassen, sondern als komplexe und *mehrdimensionale Abwäge- und Entscheidungssituationen* (Hansen & Hammann, 2017). Auf Grundlage dessen und der damit einhergehenden Ungewissheiten Risiken betreffend wird dem Prinzip der Vorsorge mehr Raum zum Schutze der menschlichen Gesellschaften und der Umwelt gegeben. Die Weltkommission für Ethik des wissenschaftlichen Wissens und der Technologie (COMEST), die zur Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO) gehört, hat aus diesen Gründen empfohlen, dass die Kontrolle von Risiken vor dem Schadenseintritt abgeschätzt werden sollen und nicht nach dem Schadenseintritt, damit Schäden, die durch menschliche Aktivitäten aufgrund von Unsicherheiten entstehen können, vermieden oder verringert werden sollen (UNESCO, 2005). Dabei wird präzisiert, dass die ergriffenen Maßnahmen in einem Verhältnis zur Schadensschwere und deren Folgen stehen müssen und die Maßnahmen das Ergebnis eines partizipativen Prozesses sein sollten (Renn, 2002; UNESCO, 2005).

Eijkelhoff (1986) argumentiert, dass Risiken im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Berechtigung haben, denn Risikofragen sind oftmals von entscheidender Bedeutung zur Bewältigung des jeweiligen Lebens des Subjekts und ermöglichen eine Betrachtung von Wechselwirkungen von Wissenschaft und Gesellschaft. Solomon (2003) argumentiert, dass durch die Behandlung von Risiken im naturwissenschaftlichen Unterricht kognitive und affektive Bereiche verknüpft werden können, da das Thema im Grenzbereich von Natur- und Geisteswissenschaften angesiedelt ist. Kolstø (2006) zeigte, dass Risikoinformationen, wie beispielsweise Unsicherheiten zu Risiken von Expert*innen, einen wichtigen Einfluss auf Entscheidungen bezüglich SSI haben, weshalb die Thematisierung von Risiken ein Gegenstand sein kann, Vorläufigkeitsaspekte von wissenschaftlichen

Erkenntnissen mit direktem Bezug zum Menschen oder der Umwelt zu thematisieren. Die Einbeziehung des Themas Risiko und damit einhergehende Unsicherheits- und Vorläufigkeitsaspekte können im Kontext von naturwissenschaftlichem Unterricht als naturwissenschaftliche Grundbildung nach Roberts (2007) als Vision II aufgefasst werden, weil hier wissenschaftliche Erkenntnisse mit Perspektiven auf ihre Auswirkungen auf das Soziale und die Gesellschaft kontextualisiert werden. Cross (1993) hat für die Einbeziehung und Berücksichtigung des Risikos zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung folgendes Argument vorgebracht:

It is the conception of scientific literacy that is at the heart of proposed changes. One component that appears to have been only recently recognised is the importance of risk assessment and risk management in social issues surrounding science and technology (Cross, 1993, S. 171).

Eine Auswahl entsprechender Themen für den naturwissenschaftlichen Unterricht ist kein leichtes Unterfangen. Daher hat Fensham (2012) in Anlehnung an das *Cynefin-Framework* (Kurtz & Snowden, 2003) ein Vierfelderquadrat zur Unterscheidung von Themen für den naturwissenschaftlichen Unterricht anhand ihrer Komplexität vorgeschlagen (vgl. Abb. 1). Dabei bezieht sich die linke Spalte auf Gegenstände, die gut erforscht sind, d. h. wenige Unsicherheiten entstehen, wobei diese durch die beiden Zeilen *einfache Themen*, die sich auf eine Wissenschaftsdisziplin beziehen, deren Kontext idealisiert und in Laborexperimenten zugänglich ist, bei denen es im Lernprozess eine korrekte Antwort gibt und bei denen keine oder nur geringe Risiken vorliegen, von *komplizierten Themen* differenziert werden. *Komplizierte Themen* beziehen sich auf mehrere Wissenschaftsdisziplinen, deren Kontext in der realen Welt und mit offenen naturwissenschaftlichen Laborexperimenten erschließbar ist, bei denen es im Lernprozess eine oder mehrere korrekte Antworten gibt und bei denen geringe bis mittelmäßig schwerwiegende Risiken vorliegen. Die rechte Spalte bezieht sich auf Gegenstände, die weniger gut erforscht sind, d. h. es bestehen Unsicherheiten, wobei durch die beiden Zeilen *komplexe Themen*, die auf eine interdisziplinäre wissenschaftliche Basis fußen, deren Kontext in der realen Welt liegt und inner- sowie außerschulisch erschlossen werden können, bei denen im Lernprozess die Unsicherheiten und ihre Implikationen reflektiert werden können und bei denen potenziell schwerwiegende Risiken für Menschen und Umwelt vorliegen, vom *Chaos* differenziert werden. Bei *Chaos* handelt es sich um Themen, die wissenschaftlich von Unsicherheiten geprägt sind, die im Kontext von Lernen nicht zugänglich sind, und wo schwerwiegende Risiken vorliegen, die außer Kontrolle geraten sind.

<u>Gut erforschte Gegenstände</u> <i>Naturgesetze der Naturwissenschaften gelten</i> <i>Es bestehen wenige Unsicherheiten</i>	<u>Weniger gut erforschte Gegenstände</u> <i>Es bestehen Unsicherheiten</i> <i>Viele Ergebnisse sind vorläufig</i>
<u>Einfache Themen</u> Bezugnahme auf Einzelwissenschaft: direkte Anwendung von bestehendem Wissen möglich Risiko: sehr gering <i>Beispiel aus der Medizin: ein gebrochener Arm</i>	<u>Komplexe Themen</u> Bezugnahme auf mehrere Wissenschaften: Herausforderungen wegen Unsicherheiten und gesellschaftlicher Relevanz Risiko: hoch <i>Beispiel aus der Medizin: AIDS</i>
<u>Komplizierte Themen</u> Bezugnahme auf mehrere Wissenschaften: zur Anwendung etablierter Kenntnisse aus mehreren Disziplinen notwendig Risiko: gering bis mittel <i>Beispiel aus der Medizin: eine Bypassoperation am Herzen</i>	<u>Chaos</u> Risiko: sehr hoch, außer Kontrolle <i>Beispiel aus der Medizin: COVID-Pandemie</i>

Abbildung 1: Vierfelderquadrat des Cynefin-Frameworks in Anlehnung an Fensham (2012) zur Unterscheidung von Themen anhand ihrer Komplexität und ihres Risikos.

SSI gelten per Definition als Themen, die von Unsicherheiten geprägt sind, aber aufgrund ihrer Verwurzelung in der Lebenswelt im Unterricht zugänglich sind und Kompetenzen anhand dieser erworben werden können. Gerade aufgrund der Unsicherheiten von komplexen Themen können die verschiedenen Grade an Risiko gut thematisiert werden. Die Themen lassen sich darüber hinaus durch dieses Vierfelderquadrat analytisch erfassen. Fensham (2012) will mit seiner Adaption des Cynefine Frameworks (Kurtz & Snowden, 2003) hervorheben, dass normaler naturwissenschaftlicher Unterricht eher im Bereich der einfachen Themen angesiedelt ist und durch die Nutzung von SSI über die normalen Fachgrenzen hinaus gelernt werden kann, inwiefern wissenschaftlich-technische Aspekte die Lebenswelt prägen und, wie mit den einhergehenden Risiken umgegangen werden kann. Um die verschiedenen Felder voneinander unterscheiden zu können, sind in Abbildung 1 Beispiele aus der Medizin für jedes Feld eingefügt (Fensham, 2012).

Gerade SSI sind Themen, die, wie auch schon Fensham (2012) argumentiert hat, meistens mit einem nennens- und diskussionswerten Risiko einhergehen. Damit Lernende in der Schule zielführende Lernangebote zum Thema Risiko, wie sie beispielsweise Eijkelhoff (1986) oder Kolstø (2006) durchgeführt haben, erhalten können, müssen die Lehrenden explizit mit diesem Thema in Kontakt gekommen sein. Christensen (2009) argumentiert, dass die Vermittlung von Inhalten zum Thema Risiko für Lehrende mit Herausforderungen verbunden ist und deshalb zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI die Lehrer*innenbildung gefordert ist. Eine Möglichkeit, diese Forderung einzulösen, stellen Grenzwerte dar, welche häufig in der Gesundheits- und Umweltpolitik eingesetzt werden (Bächi, 2012; Böhm, 2012; Dieter, 2009; Wicenec, 2000). Grenzwerte haben dabei die Intention, die Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Um-

welt zu erhalten und zu sichern sowie etwaige Risiken zu verringern. Diese zugeschriebene Intention stellt dabei als Zielperspektive auf eine normative Ebene ab. Die Einhaltung von Grenzwerten wird institutionell und standardisiert überwacht und bei Überschreitungen sanktioniert, sodass ihnen eine regulierende, d. h. eine beschränkende sowie eine, unter anderem über Gefahrenpotentiale, informierende Funktion zukommt (Bächi, 2012; Wicenec, 2000). Diese Funktionen von Grenzwerten illustrieren, wie Grenzwerte sich auf Menschen und Institutionen auswirken bzw. auf welche Art und Weise Grenzwerte zur Erreichung ihrer Intention wirken. Das heißt, dass Grenzwerte etwas nicht nur regulieren, sondern durch sich selbst an diejenigen Personen, die sie zu Rate ziehen, darüber kommunikativ aufklären ab wann eine Grenze zu einer möglichen Gefährdung überschritten sein kann (Wiedemann, 1998). Grenzwerte selbst sind demnach „passive Instrumente“ (Wicenec, 2000, S. 2), denn sie legen einen Handlungsrahmen fest. Grenzwerte werden in einem interdisziplinären und gestuften Abwägungsprozess durch die Politik festgelegt und in Form von Gesetzestexten verabschiedet, wobei sich ein Spannungsfeld, bspw. zwischen Naturwissenschaften, Recht und Politik, aufspannt (Böhm, 2012; Wiedemann, 1998). Um den komplexen Begriff des Grenzwertes zielführender erfassen und für diese Forschung fruchtbar machen zu können, wurde die folgende Arbeitsdefinition in Anlehnung an die vorausgegangenen theoretischen Reflexionen formuliert:

Grenzwerte sollen als Maßnahmen in Form von festgeschriebenen Belastungsschranken die Lebensgrundlagen Boden, Wasser und Luft für Menschen, Tiere und Pflanzen vor Stoffen, die sie beeinträchtigen, die ihnen schaden und die sie in ihrem Bestand gefährden, mit dem Ziel der Erhaltung und Sicherung schützen, sowie die entsprechenden Risiken verringern.

Diskurse um Grenzwerte bieten damit einen *exemplarischen Zugang* zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen. Daher können in der Chemie-lehrer*innenbildung Diskurse um Grenzwerte und deren Implikationen im Sinne des Prinzips der Exemplarität eingesetzt werden, um die schon angesprochenen Grundlagen zur Partizipation an Diskurse um SSI zu schaffen. Grenzwerte sollen durch ihre Regulationen das Prinzip der Vorsorge umsetzen, dabei stehen sie in einem Spannungsfeld zwischen verschiedenen sozialen Systemen (Wiedemann, 1998) und können als ein „Amalgam aus Wissenschaft und Werten“ (Bächi, 2012, S. 117) bezeichnet werden. Zum einen hat das politische System die Intention, Gefahren abzuwenden, während die Wirtschaft durch Einschränkungen in ihren Arbeitsabläufen herausgefordert wird. Grenzwerte sind insbesondere anhand ihrer „numerische[n] Darstellungsweise, [und der, Anm. d. Verf.] Bezeichnung einer maximalen Grenze“ (Kopf, 2004, S. 45) zu erkennen. Der

Staat in Form der gesetzgebenden Gewalt, der endgültig die jeweiligen Grenzwerte festsetzen kann, hat demnach die Pflicht, das „Leben und [die, Anm. d. Verf.] körperliche Unversehrtheit“ dieses Leben zu garantieren, wobei Freiheitsrechte (Art. 2 GG (bpb, 2025)), Eigentumsschutz (Art. 14 GG (bpb, 2025)) und Berufsfreiheit (Art. 12 GG (bpb, 2025)) sowie weitere Rechte ebenfalls berücksichtigt werden müssen (Böhm, 2012; Jänicke, 2021). Damit geht der Umweltschutz einher, der impliziert, keine „schädliche [n, Anm. d. Verf.]) Umwelteinwirkungen [hervorzurufen (§ 5 BIm-SchG), Anm. d. Verf.]“ (Böhm, 2012, S. 56). Bezogen auf den rechtlichen Rahmen zur Grenzwertsetzung stehen aus Sicht des Grundgesetzes an erster Stelle die Grundrechte, wie die allgemeine Handlungsfreiheit (Art. 2 Abs. 1 GG (bpb, 2025)) (Böhm, 2012). An zweiter Stelle ist es nach Böhm (2012) notwendig, zum einen Risiken und Nutzen abzuwägen und auszugleichen, zum anderen Gefahren abzuwehren und eine entsprechende Risikovorsorge zu betreiben. Dabei geht es insbesondere darum, auf mögliche Schäden vorbereitet zu sein und diese möglichst gering zu halten. Da es sich um verbindliche Vorgaben durch die Verfassung handelt und dies eine „staatliche Eingriffspflicht“ (Kopf, 2004, S. 46) begründet, sind die politischen Institutionen zur Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte und unter Umständen zum Einleiten entsprechender Maßnahmen verpflichtet.

Wenn die Sprache auf Grenzwerte kommt, ist das Modell der *planetaren Belastungsgrenzen* (Steffen et al., 2015) relevant. Dieses beschreibt konzeptionell die ökologischen Grenzen der Erde, deren Überschreitung zu einer Instabilität der Ökosysteme auf der Erde und des menschlichen Lebens führen können (Gerten & Schellnhuber, 2015). Dieses Modell wird von der Bundesregierung sowie weiteren Regierungen genutzt, um sich in Bezug auf Auswirkungen auf die Erde orientieren zu können:

Das Konzept der planetaren Grenzen regt dazu an, solche strategischen, politischen und ethischen Abwägungen vorzunehmen und kontraproduktiven Entscheidungen vorzubeugen. Es erweist sich somit als taugliches Kommunikationsmittel und hoffentlich auch als Katalysator für eine integrierte, skalenübergreifenden Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik (Gerten & Schellnhuber, 2015, S. 17).

Das Modell der planetaren Belastungsgrenzen ermöglicht damit nicht nur eine isolierte Betrachtung einzelner Grenzwerte, sondern erlaubt den Zustand der Erde auf Grundlage empirischer Daten systemisch zu erfassen und mögliche Zukunftsszenarien zu simulieren. Dabei werden Handlungsspielräume von verschiedenen planetaren Grenzen, wie dem Klimawandel, der Versauerung der Meere, des Ozonlochs, der Veränderung biogeochemischer Kreisläufe, wie beispielsweise dem Stickstoffkreislauf, oder der Einbringung neuartiger Substanzen, entlang von Schwellen- und

Grenzwerten hin zu abrupten und unumkehrbaren Veränderungen mit Hilfe von Messwerten illustriert und miteinander in Verbindung gebracht. Dabei gehen die Umweltrisiken von Auswirkungen, die bekannt und relativ beherrschbar sind, über in einen Bereich mit unsicheren und möglicherweise irreversiblen Folgen hin zu einem Bereich mit irreversiblen, nicht vorhersehbaren und plötzlichen Umweltveränderungen. Die Definition und Setzung der Grenzwerte, die einschätzen, wann sich eine planetare Grenze im unsicheren Bereich befindet, sind das Kernstück und Steuerungselement dieses Modells (Gerten & Schellnhuber, 2015; Steffen et al., 2015). Dies hebt die Wichtigkeit hervor, dass Lehrende, die zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über die Verwendung von SSI vorbereitet werden sollen, eine wissenschaftsbasierte Vorstellung von Grenzwerten haben. Da die Messwerte auch in der Vergangenheit vorhanden waren, können mit diesem Modell Veränderungen entlang der Zeitvariable dargestellt und problematisiert werden. Am Beispiel des Ozonabbaus wird der Erfolg von internationalem Handeln durch das Montreal Abkommen mit diesem Modell auch graphisch darstellbar (Zowada, Niebert & Eilks, 2019). Das Konzept der planetaren Grenzen soll einen naturwissenschaftlichen Orientierungsrahmen darstellen, denn die Entscheidungen „ob und wie die identifizierten Risiken abgewendet werden, obliegt dem gesellschaftlichen Diskurs und politischen Entscheidungen“ (Gerten & Schellnhuber, 2015, S. 17).

Bei der Reflexion der Aussagekraft dieses Modells sind die *Erkenntnisse Stachowiaks (1973)* zu den drei Bestimmungsmerkmalen eines Modells erhellend. Denn durch die Bestimmungsmerkmale von Stachowiak (1973) kann die Natur des Modells der planetaren Grenzen als eine vereinfachte, aber repräsentative Darstellung der komplexen ökologischen Realität reflektiert werden. Es ist wichtig zu erkennen, dass Modelle wie dieses Werkzeuge sind, die dazu dienen, komplexe Phänomene zu verstehen und Entscheidungsfindungen zu unterstützen, die bei bestimmten Aufgaben und in bestimmten Kontexten nützlich sind, aber ihre Ergebnisse und Implikationen sollten mit angemessener Vorsicht interpretiert werden. Bezogen auf das *Abbildungsmerkmal*, nach dem Modelle stets „Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können“ (Stachowiak, 1973, S. 131) sind, muss berücksichtigt werden, dass das Modell der planetaren Grenzen verschiedene Aspekte der globalen Umwelt und ihrer Belastung abbildet. Es repräsentiert die komplexen Zusammenhänge zwischen menschlichen Aktivitäten und den ökologischen Grenzen, die den sicheren Raum für das Funktionieren der Erde definieren, in einer anschaulichen Form. Das Modell dient als Abbildung der realen Umweltzustände und -prozesse, um ein besseres Verständnis für die globalen ökologischen Herausforderungen zu bekommen. Bezogen auf das *Verkürzungsmerkmal*, nachdem Modelle

im Allgemeinen nicht alle Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaffern und/oder Modellbenutzern relevant erscheint (Stachowiak, 1973, S. 132)

erfassen, gilt dies auch bei den planetaren Grenzen zu berücksichtigen. Dieses Modell ist fokussiert auf Schlüsselaspekte der Umweltveränderungen, wie Klimawandel, Biodiversitätsverlust und anderen ökologische Indikatoren, ohne alle möglichen Dimensionen der Umweltbelastung einzubeziehen. Die Auswahl dieser spezifischen Elemente erfolgte aufgrund ihrer Relevanz für das Verständnis der globalen Umweltproblematik. Da Modelle nicht direkt und eindeutig ihren Originalen zugeordnet sind, erfüllen sie durch die Ersetzungsfunktionen

a) für bestimmte – erkennende und/oder handelnde, modellbenutzende – Subjekte b) innerhalb bestimmter Zeitintervalle und c) unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen (Stachowiak, 1973, S. 132 f.)

ein *pragmatisches Merkmal*. Das Modell der planetaren Grenzen erfüllt seine Ersetzungsfunktion für bestimmte Subjekte (wie Wissenschaftler, Politiker und die breite Öffentlichkeit) innerhalb bestimmter Zeitintervalle. Es ermöglicht die Identifizierung und Bewertung von ökologischen Grenzen sowie die Entwicklung von Handlungsstrategien. Die Zuordnung zu bestimmten Subjekten und zu einem bestimmten Zeitrahmen machen das Modell pragmatisch und anwendbar für bestimmte Kontexte und Zwecke. Das Modell liefert eine strukturierte Grundlage für die Entwicklung von politischen Maßnahmen, internationalen Abkommen und individuellem Handeln. Dabei berücksichtigt es die konkreten Bedürfnisse und Handlungsfelder der verschiedenen Akteure, was die Anwendbarkeit und Effektivität des Modells im realen Kontext unterstreicht. Da das Modell der planetaren Grenzen auf Modellberechnungen und Grundannahmen beruht, die auch der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse unterliegen, sind die ableitbaren Einsichten nicht absolut und können sich verändern.

Die Festlegung von Grenzwerten ist komplex und wird unter Einbindung verschiedener Akteure durchgeführt, weshalb im Folgenden zuerst die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Festlegung von Grenzwerten gefolgt von den einhergehenden (natur-)wissenschaftlichen Prozessen reflektiert werden. Die Festlegung von Grenzwerten findet durch politische Instanzen statt, was jedoch mit Herausforderungen einhergeht, weil es sich, wie Böhm (2012) beschreibt, um eine politische Entscheidung handelt:

Da eindeutige Aussagen zu Gefahren und Risiken zumeist nicht möglich sind, ist es nämlich auch eine politische Entscheidung, welche Risiken zugemutet, welche zugelassen, welche untersagt werden (Böhm, 2012, S. 55).

Dazu benötigen diese entsprechende Kenntnisse über naturwissenschaftliche Aspekte, die Auskunft über die Eigenschaften und die damit verbundenen Auswirkungen geben. Dieser Anforderung soll die naturwissenschaftliche *Grenzwertsetzung* nachkommen, um somit für Güter schützende Konzentrationen zu entwickeln und um politische Instanzen bei der Orientierung zur Fassung eines Werturteils bezüglich einer Grenzwertsetzung zu unterstützen (Kopf, 2004). Das bedeutet, dass die naturwissenschaftlichen Kenntnisse bei der Grenzwertsetzung berücksichtigt werden, jedoch nicht alleinigültig ausschlaggebend für den Entschluss sind, da zur politischen Bewertung weitere Perspektiven hinzugezogen werden (Kopf, 2004). Zur naturwissenschaftlichen Ebene der Grenzwertsetzung führen Fachexpert*innen Datensammlungen durch, interpretieren sie und führen Vergleiche „der gemessenen oder geschätzten tatsächlichen Expositionskonzentration mit der geschätzten Wirkkonzentration“ (Kopf, 2004, S. 52) durch. Anhand dieser erstellen sie Empfehlungen entlang fachlicher Abwägungen, die Objektivität, Repräsentativität und Nachprüfbarkeit implizieren.

Diese Empfehlungen werden auf der politischen Ebene der Grenzwertsetzung betrachtet, abgewogen mit den *Empfehlungen* anderer Wissenschaften und bewertet, woraufhin die jeweiligen Entscheidungen stattfinden. Dieter (2009) beschreibt den Prozess an dieser Stelle derart, als das durch die Wissenschaftler*innen der verschiedenen Disziplinen dem Gesetzgeber Handlungsoptionen „für die Begründung von Notwendigkeit, Art und Höhe von Grenzwerten in Form wissenschaftlich (toxikologisch, medizinisch, ökologisch) oder technisch (nutzungstechnisch, vermeidungstechnisch) abgeleiteter Höchstwerte“ (Dieter, 2009, S. 1202) gegeben werden. Bächli (2012) beschreibt die Setzung von Grenzwerten als etwas, was ermöglicht, „dass Wissenschaftler mit unterschiedlichen disziplinären Wissensbeständen und Redeweisen miteinander ins Gespräch kommen“ (Bächli, 2012, S. 118), weshalb Grenzwerte aus einer Fachdisziplin heraus betrachtet immer etwas unscharf bleiben müssen. Grenzwerte haben als gesetzter Handlungsrahmen der Politik nicht nur Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen und Tiere und auf den Zustand der Umwelt, sondern auch auf die Wirtschaft. In der Wirtschaft haben Grenzwerte Auswirkungen auf Prozesse und deren Gestaltung derart, als dass „sie im Zuge einer zunehmenden Globalisierung bedeutende Wettbewerbsfaktoren“ (Wicenec, 2000, S. 7) darstellen. Als Beispiel für die Wirtschaft ist die Einführung des geregelten 3-Wege-Katalysators bei Kraftfahrzeugen zur Verbesserung der Luftqualität in Deutschland. Dies geschah vor dem Hintergrund starker gesellschaftlicher Diskussionen über

Umweltschäden einerseits (ein Beispiel für die gelungenes Setzung von Grenzwerten), andererseits bedingte dies „eine undifferenzierte Grenzwertgläubigkeit in der Öffentlichkeit, die vor allem bei der Begrenzung von Kfz-Emissionen eine große Bedeutung besitzt“ (Wicenec, 2000, S. 10 f.).

Bei der Grenzwertsetzung spielt die *Risikoidentifikation, -analyse und -bewertung* eine wichtige Rolle (Schulenburg & Nida-Rümelin, 2013; Wicenec, 2000; Kopf, 2004; Solomon, 1996; ECHA, 2016; BfR, 2023). Bei der Risikoidentifikation findet anhand zuvor erhobener Wirkungen und Expositionen aus der Forschung eine Gefahrenermittlung gegenüber bestimmten Stoffen statt. Dies bedeutet zu prüfen, ob eine für Lebewesen oder Umwelt schädliche Stoffeigenschaft schon einmal aufgetreten ist (Wiedemann, 1998; BfR, 2023). Wenn dieser Verdacht vorliegt, findet eine Analyse des Risikos statt. Hier wird empirisch untersucht, ab welcher Dosis des Stoffs eine Wirkung vollzogen wird und dann folgt die Erforschung dessen, inwiefern Menschen oder Umwelt von diesem Stoff betroffen sind (BfR, 2023). Um schädliche Auswirkungen zu ermitteln, werden Informationen zu den Eigenschaften eines Stoffes zur Bestimmung einschlägiger Endkonzentrationen für die menschliche Gesundheit, sogenannte Derived No-Effect-Levels-Werte, und zur Bestimmung von einschlägigen Endkonzentrationen für die Umwelt, sogenannter Predicted No-effect-Effect Levels, analysiert (ECHA, 2011). Ziel dieser Forschung ist die Bewertung eines Risikos unter bestimmten und konkreten Rahmenbedingungen. Anhand dieser Bewertung kann anschließend von der Politik im Rahmen von Risikomanagement über entsprechende Maßnahmen – beispielsweise der Entwicklung von Grenzwerten – entlang der Bewertung der gesundheitlichen, wirtschaftlichen, sozialen und politischen Folgen diskutiert und entschieden werden (Stern & Fineberg, 1996).

Für den *Prozess der Risikobewertung* existiert vom Bundesamt für Risikobewertung (BfR) ein Leitfa-den für die Bewertung gesundheitlicher Risiken (BfR, 2023), in dem „mögliche Handlungsrahmen und die Empfehlung von Maßnahmen“ (Böhm, 2012, S. 58 f.) erläutert werden. Durch die Beteiligung verschiedener gesellschaftlicher Bereiche, wie Politik, Wissenschaft oder Recht, sind an der Entwicklung von Grenzwerten eine Vielzahl an Perspektiven beteiligt. Durch diese fließen verschiedene Aspekte und Anforderungen in den Prozess ein. Daneben sollen nationale, europäische und internationale Instanzen mit eingebunden sowie die Beteiligung von Bürger*innen und „die bessere Abstimmung und Kommunikation innerhalb von und zwischen Behörden“ (Böhm, 2012, S. 58) gewährleistet werden. Zudem spielen bei der Entscheidung neben der Risikobewertung und ihrer (Un-) Sicherheit der gesellschaftliche Nutzen, die Frage nach Alternativen, die „technischen Möglichkeiten zur Verringerung [sowie, Anm. d. Verf.] zum Nachweis und zur Kontrolle der Emissionen“ (Wiedemann, 1998, S. 10) eine zentrale Rolle. Ebenso liegen die aktuellen Umweltziele im

Fokus, die an Schutzziele und -güter sowie ungewollte Umweltrisiken gebunden sind (Kopf, 2004, S. 33).

Dieter (2009) beschreibt die Wichtigkeit der gesellschaftlichen Akzeptanz von Grenzwerten, damit diese auch gesellschaftlich akzeptiert werden, und illustriert, dass diese Akzeptanz

nur auf Basis eines transparenten und wissensbasierten gesellschaftlichen Entscheidungsprozesses über die Art (des zu begrenzenden Stoffes/ der Noxe), den Zweck seiner oder ihrer Begrenzung (Schutz der Gesundheit, von Ökosystemen, technischer Einrichtungen, von Bauwerken, von ästhetischen Erwartungen ...) und den regulatorischen Kontext seiner Begrenzung (Vorsorge/Nachsorge; beabsichtigte/unbeabsichtigte, freiwillige/unfreiwillige Exposition) zu erreichen (Dieter, 2009, S. 1204)

sei. Oftmals wird von Wissenschaftler*innen, etwa von Toxikologen, die schnelle Setzung von Grenzwerten (Dieter, 2009; Wicenc, 2000) kritisiert, weil aus ihrer Sicht Grenzwerte genutzt werden, um Handlungsfähigkeit bei öffentlichem Druck zu zeigen. Grenzwerte können beispielsweise bei Stoffen gesetzt werden, die die Gesundheit von Menschen negativ beeinflussen können. Gerade bei diesen Stoffen spielen auch monetäre Kosten-Nutzen-Analysen, etwa bei krebserzeugenden Stoffen, eine Rolle. Dabei gilt es den Nutzen von Schutzmaßnahmen, wie einem Grenzwert, mit seinen Kosten in Beziehung zu setzen. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten, den Wert von Gesundheit und Leben zu berechnen. Nies (2020) beschreibt, dass es innerhalb der Europäischen Union Modelle gibt, die methodisch „menschliches Leben und menschliche Gesundheit in einen Geldwert umrechnen und diesem die Kosten für die Expositionsminderungsmaßnahme zur Verbesserung des Arbeitsschutzes gegenüberstellen“ (Nies, 2020, S. 272). Daran wird deutlich, dass die vorsorgende Schutzfunktion auch immer die ökonomischen Aspekte beinhaltet, was die Notwendigkeit der multiperspektivischen Betrachtung von Grenzwerten manifestiert.

Den wissenschaftlichen Erkenntnissen kommen im Zuge einer Risikoanalyse eine besondere Bedeutung zu, denn auf deren Grundlage können Risiken erfahrbare werden, die dann Auswirkungen auf soziale, kulturelle und politische Bereiche haben. Der deutsche Physiker Hans-Peter Dürr (1989) hat die Problematik des experimentellen Messens an Gegenständen aus der Lebenswelt unter Bezugnahme auf Eddingtons Werk zu Zusammenhängen von Philosophie und Naturwissenschaften (Eddington, 1939) anhand einer Parabel, in der ein Naturwissenschaftler mit einem Ichthyologen (einem Fischkundigen) verglichen wird, angeführt. Der Ichthyologe

wirft dazu sein Netz aus, zieht es gefüllt an Land und prüft seinen Fang nach der gewohnten Art eines Wissenschaftlers. Nach vielen Fischzügen und gewissenhaften Überprüfungen formuliert er zwei Grundgesetze der Ichthyologie: 1. Alle Fische sind größer als fünf Zentimeter. 2. Alle Fischen haben Kiemen (Dürr, 1989, S. 29).

In dieser Parabel steht das Netz für die Methoden der Wissenschaften, die experimentell genutzt werden und aus dessen Beobachtungen dann Schlussfolgerungen, Theorien, hier die Grundgesetze, gezogen werden können. Hervorzuheben ist, dass die Methode, die Erkenntnis, und damit auch die Modellbildung, begrenzt: Fische, die kleiner als fünf Zentimeter sind, können nicht gefangen werden, sie existieren nicht (Dürr, 1989, S. 30). Am SSI Mikroplastik wird diese Parabel besonders deutlich, da hier das Messvermögen der wissenschaftlichen Methoden die Grenzen der Forschung und der Regulierung definieren (Fürhacker, 2020). Die Lebenswelt, die mit den Methoden der Naturwissenschaften untersucht wird, kann komplexer sein als angenommen. Daher können Grenzwerte nur unter bestimmten Bedingungen ihrer Konstruktion ihre Wirkung entfalten – ändern sich die Gegebenheiten, können sie leerlaufen. Daher existieren in modernen Gesellschaften (Jänicke, 2021) wissenschaftlich geprägte Institutionen, die etwaige Veränderungen beobachten, etwa Plastikpartikel, die so klein sind, dass sie mit gängigen Methoden nicht analysiert werden können, und die Politik über mögliche Handlungsbedarfe in Kenntnis setzen. Grenzwerte sind damit nicht etwas Statisches, sondern durch die entsprechende Zeit und vorherrschenden Bedingungen geprägt. Daher sind nach Irwin und Wynne (2003) mit SSI einhergehende Risiken geprägt von wissenschaftlichen Erkenntnissen, da sie die Diskurse aufgrund des fachlichen Hintergrunds maßgeblich prägen. Aus diesem Grund können die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer den Lernenden, die gleichzeitig auch junge Bürger*innen demokratischer Gesellschaften sind, durch die vermittelten Kompetenzen Sicherheit und Selbstvertrauen geben, sich bei Entscheidungsprozessen zu beteiligen und Verantwortung für die eigene Risikoaussetzung zu übernehmen (Christensen, 2009). Daher ist die *Reflexion von naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden* unumgänglich, denn in ihren zahlreichen Formen – von diversen Teilchenmodellen über Diagramme und Gleichungen zu Computersimulationen – dienen sie der Darstellung und Erläuterung von Sachverhalten aus der Lebenswelt. Ihre Verwendung in der Wissenschaft macht sie dementsprechend auch im Rahmen der Bildung relevant für Lehrende und Lernende.

Die Thematisierung von Grenzwerten eröffnet im Ganzen einen *Zugang zu gesellschaftlich relevanten Fragestellungen* im Bereich von Naturwissenschaften, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Festlegung von Grenzwerten berührt nicht nur naturwissenschaftliche Aspekte, sondern erfordert auch

die Berücksichtigung von ethischen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Überlegungen. Die Auseinandersetzung mit Grenzwerten im Bildungskontext bietet die Möglichkeit, die Zusammenhänge zwischen wissenschaftlichem Wissen und gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen zu verdeutlichen. Die angehenden Chemielehrer*innen können dabei nicht nur naturwissenschaftliche Konzepte verstehen, sondern auch kritisch über gesellschaftliche Fragestellungen nachdenken. Durch die Einbindung von Grenzwerten zu ausgewählten SSI in Vermittlungsprozesse wird ermöglicht, die Komplexität von Risiken und deren Bewertung zu thematisieren. Dabei kann auch beleuchtet werden, dass Risiken nicht nur als naturwissenschaftliche Phänomene, sondern als gesellschaftliche Herausforderungen zu begreifen sind. Die Diskussion von Grenzwerten zu ausgewählten SSI, den entsprechenden gesellschaftlichen Diskursen und den Prozessen zu ihrer Setzung eröffnet Möglichkeiten, unterschiedliche Perspektiven und Interessen von verschiedenen Akteuren, die in einem Spannungsfeld stehen, zu beleuchten. Durch die Thematisierung von Grenzwerten von SSI ist es möglich zu verdeutlichen, dass SSI nicht nur von einer Perspektive aus analysiert werden können, weil sie häufig eine Schnittstelle von Naturwissenschaften, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft darstellen. Denn die Auswahl und Festlegung von Grenzwerten ist nicht nur von wissenschaftlichen Fakten abhängig, sondern von politischen Entscheidungen und gesellschaftlichen Werthaltungen. Anhand der Thematisierung von Grenzwerten zu ausgewählten SSI wird ermöglicht, exemplarisch komplexe Zusammenhänge zu analysieren, kritisch zu reflektieren und informierte Entscheidungen zu treffen – Fähigkeiten, die in einer modernen, wissenschaftsbasierten Gesellschaft von großer Bedeutung sind.

2.2 Partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung

Aktives Handeln der Bürger*innen einer Demokratie in Form von Engagement, Beteiligung, Mitbestimmung und konkreten Aktionen folgt dem Ziel, an gesellschaftlich relevanten und kontroversen Entscheidungsprozessen zu partizipieren. Hier zeigt sich eine deutliche Verknüpfungsmöglichkeit mit der Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung der OECD (1999), die die Befähigung zur Partizipation aus einer fachlichen Perspektive anstrebt. Im Zuge dieser Arbeit wird die Befähigung zur Partizipation an Entscheidungsprozessen um SSI perspektiviert – doch: was heißt Partizipation überhaupt? Der Begriff der Partizipation ist, wie so viele Begriffe, nicht einheitlich definiert. Grundlegend ist dieser Begriff in demokratietheoretischen Diskursen der Politikwissenschaften diskutiert worden. Im Zuge der Demokratisierung der westlichen Gesellschaften hin zu parlamentarischen Demokratien wurde der Begriff immer gängiger und bezeichnet breit gefasst die Beteiligung der Bürger*innen an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen (Vilmar, 1986).

2.2.1 Befähigung zu gesellschaftlicher Partizipation im Chemieunterricht: SSI als Schlüssel

Der Begriff Partizipation selbst leitet sich aus dem Lateinischen „*partem capere*“ ab und bedeutet wörtlich übersetzt so viel wie „einen Teil (weg-) nehmen“ und bezieht sich damit auf Konzepte der Mitsprache, Mitwirkung, Mitbestimmung, Teilhabe, Teilnahme und Beteiligung (vgl. Moser, 2008, S. 73). Mit Stange und Tiemann (1999) gesprochen, handelt es sich bei Partizipation um „die verantwortliche Beteiligung der Betroffenen an der Verfügungsgewalt über ihre Gegenwart und Zukunft“ (ebd., S. 215). Aus dieser Definition lässt sich ableiten, dass die Bürger*innen als freie, gleichberechtigte und mündige Subjekte die Lebenswelt aktiv mitgestalten, indem sie an Diskursen und Entscheidungsprozessen unter Berücksichtigung ihrer eigenen Interessen mitwirken. Diese Partizipation ist ein wichtiger Teil der Demokratie, denn hier wird

ein Moment der konstitutionell verbürgten Freiheit und Gleichheit aller, sowie der verbindlichen Anerkennung von Pluralität und offenem Widerstreit der Interessen als unhintergehbare Errungenschaften demokratischer Gesellschaften (Schnurr, 2001, S. 1330)

deutlich. Der Begriff der Partizipation wird oftmals aufgetrennt in die Begriffe politische und soziale Partizipation (vgl. Oser, Ullrich & Biedermann, 2000). Dabei bezieht sich letztere auf eine explizit nicht-politische Partizipation, beispielsweise in Form von sozialem Engagement. Nach Kaase (1997) sind jedoch Gesellschaft und Politik in modernen Gemeinschaften derart eng verbunden, dass nahezu alles Handeln, auch jenes in nicht-politischen Kontexten, politisch bedeutsam sein kann, sodass eine solche Trennung nicht zwingend erforderlich ist. Dabei geht es bei gelungener Partizipation in Bezug auf SSI um

die Übernahme von Verantwortung für das Gemeinsame durch aktive Mitgestaltung und impliziert soziale Zusammenschlüsse, Kooperationen und Aushandlungsprozesse mit anderen Menschen und heterogenen Gruppen (Eikel, 2006, S. 7).

Es ist hervorzuheben, dass es sich bei *partizipativem Handeln* um einen freiwilligen Akt des Subjekts handelt, mit dem auch Pflichten verbunden sind, die jedoch, wie der Akt selbst, weder erzwungen noch eingeschränkt werden können (Stange, o. J.; Bremer, 2010). Daher hat jedes Subjekt die Freiheit sich in gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen einzubringen, wozu es des Mutes und Wissens bedarf, „berechtigt zu sein, sich überhaupt mit Politik zu beschäftigen, ermächtigt zu sein, politisch zu argumentieren“ (Bourdieu, 1982, S. 639). Grundlagen dafür kann der Chemieunterricht durch die Berücksichtigung von SSI bereitstellen, da er einerseits fachliches Wissen, andererseits auch Zusammenhänge von Chemie und Gesellschaft vermittelt.

Einhergehend mit der Freiheit des Subjekts zur Einbringung in gesellschaftliche Entscheidungsprozesse existieren viele unterschiedliche *Partizipationsformen*. Dabei können verschiedene Formen unterschieden werden (Roth, 2023), die jeweils als unterschiedlich relevant für die Thematisierung im naturwissenschaftlichen Unterricht angesehen werden können. Zentrale Form der Partizipation in demokratischen Gesellschaften ist die repräsentative Demokratie. Hier treffen Wahlen, Parlamente und politische Parteien auf allen föderalen Ebenen zur Interessensvertretung zusammen und die Bürger*innen beteiligen sich daran hier eher passiv an Entscheidungs- und Aushandlungsprozessen durch Wahlen. Bürger*innenbegehren, -initiativen und Volksabstimmungen sind direktdemokratische Partizipationsformen, in denen die Bürger*innen auch ohne Politikerfahrungen direkt mitwirken können. Die repräsentative Politik kann auch auf die Bürger*innen zugehen, um deren Expertisen für ihre Lebensumstände in Form von dialogischer bzw. deliberativer Beteiligung berücksichtigen zu können. Konkrete Entscheidungen stehen hier nicht im Fokus, hier geht es darum, eine bessere Politik zu machen, die auch breit akzeptiert ist.

Wenn die Akzeptanz für Entscheidungen oder im Diskurs stehende Entscheidungen gering ausgeprägt ist, stellen Proteste, Bürger*inneninitiativen und soziale Bewegungen eine weitere Form der Partizipation dar, denn durch sie können aus einer Zivilgesellschaft heraus Sichtweisen und Missstände gegenüber der repräsentativen Politik deutlich gemacht werden und durch die medienwirksame Inszenierung kann ein Handlungsdruck erzeugt werden. Neben diesen entscheidungsbezogenen Partizipationsformen existiert noch das freiwillige Engagement in Vereinen oder Verbänden, wo meist die Gestaltung von Lebenswelt im Kleinen für ein gutes Leben im Fokus steht. Dzur (2019) beschreibt, dass es darüber hinaus noch den Bereich der Alltagsdemokratie gibt, der sich kaum ein Bereich des Lebens entziehen kann. Denn die Institutionen aus der Lebenswelt, wie Schule, Kindergarten, Arbeitsstätten und auch viele Familien, haben sich für demokratische Mitbestimmung geöffnet und dementsprechend ist die Mitwirkung der Subjekte strukturell angelegt. Dabei können die verschiedenen Partizipationsformen durch die folgenden drei Gegensatzbeziehungen voneinander abgegrenzt werden: *verfasste* (wie Wahlen zu Parlamenten, die in Gesetzestexten festgelegt sind) und *unverfasste* Formen (wie Aktionsformen außerhalb eines institutionalisierten Rahmens, bspw. Proteste oder Flashmobs), *legale* (wie die Stimmabgaben bei Wahlen) und als *illegal* eingestufte Formen (wie ziviler Ungehorsam, beispielsweise durch Hausbesetzungen oder Gewalt gegen Personen oder Sachen), *konventionelle* (wie Wählen, parteienorientierte oder problemorientierte Partizipation) und *unkonventionelle* Formen (wie beispielsweise politische Aktionen, die mit Kunst im öffentlichen Raum einhergehen oder die Digitalität originell nutzen, um niederschwellige Angebote für Bürger*innen zu machen) (Woyke, 2021; Hoecker, 2006; Zmerli, 2011).

Im naturwissenschaftlichen Unterricht können verschiedene Formen der Partizipation thematisiert werden, um die Lernenden darauf vorzubereiten, als mündige Bürger*innen in Beteiligungsprozessen mitzuwirken. Dabei können verfasste Formen der Partizipation, wie das Thema Wahlen, im Chemieunterricht thematisiert werden, etwa dadurch, inwiefern die Herausforderungen, die mit dem Klimawandel einhergehen, von verschiedenen Parteien und Akteuren eingeschätzt werden und wie sie gedenken, mit ihnen in Form von politischem Handeln umzugehen. Auch unverfasste Formen sollten gerade bei der Thematisierung von SSI zur Sprache kommen, denn diese kontroversen Themen haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Lebenswelten der Bürger*innen. Hier können im Chemieunterricht mögliche Handlungsformen bspw. bei erhöhten Nitratwerten im Grundwasser durch Proteste oder Bürger*inneninitiativen im Hinblick auf Effektivität und Legitimität diskutiert werden. Konventionelle wie auch unkonventionelle Formen der Partizipation sollten bei der Reflexion von SSI thematisiert werden, um den Lernenden ein möglichst breites Repertoire zugänglich zu machen. Die Diskussion der möglichen Folgen von illegalen Partizipationsformen für die jeweiligen Subjekte und die Gesellschaft können für Lernende relevant sein, damit sie für sich gegenwärtig und zukünftig wirksame Beteiligungsformen auswählen können.

Chemieunterricht hat die Aufgabe, die Lernenden zu befähigen, sich in gesellschaftliche Entscheidungsprozessen adäquat, begründet, informiert und zielbezogen einbringen zu können. Chemieunterricht liefert den Lernenden in Form von Kompetenzen *Werkzeuge*, um sich selbst positionieren zu können. Dabei geht es nicht darum, dass Lernende eine bestimmte Sichtweise vertreten lernen, sie sollen durch die Einbeziehung von SSI im Chemieunterricht dazu befähigt werden, auf Grundlage von erworbenen Kompetenzen ihre eigenen Sichtweisen und Positionen zu finden und zu vertreten. Da SSI auch politische Implikationen haben, gilt es für Lehrende die drei Prinzipien des *Beutelsbacher Konsens* (Wehling, 1977; Sander, 2014; Widmaier & Zorn, 2016), der einen Grundpfeiler der politischen Bildung darstellt, zu kennen und verinnerlicht zu haben. Der Beutelsbacher Konsens als Leitlinie für politische Bildung umfasst drei grundlegende Gebote (Wehling, 1977): Erstens das *Überwältigungsverbot*, welches Lehrende daran hindert, Lernende mit gewaltsamen oder stark emotionalisierenden Mitteln oder Überredung zu beeinflussen, um eine eigenständige Urteilsbildung zu ermöglichen; zweitens das *Kontroversitätsgebot*, das fordert, dass kontrovers diskutierte Themen ebenso kontrovers im Unterricht behandelt werden sollen, um Indoktrination zu vermeiden; drittens das Prinzip der *Schülerorientierung*, welches Lernende dazu befähigen soll, politische Situationen zu analysieren, ihre Interessen zu verstehen und Mittel zur Beeinflussung der politischen Lage im Einklang mit ihren Interessen zu finden.

Chemielehrer*innen müssen den Prinzipien bei der Vermittlung von SSI berücksichtigen, da diese Grundsätze eine solide Basis dafür bilden, dass die Lernprozesse auf ethische, demokratische und reflektierte Weise erfolgen, wodurch Lernende zu informierten und mündigen Bürger*innen mit kritischem Denkvermögen heranwachsen können. SSI sind oft interdisziplinär und gehen über rein wissenschaftliche Fragen hinaus. Der Beutelsbacher Konsens bietet eine Orientierung, um gesellschaftlichen Herausforderungen im Chemieunterricht anzugehen, und betont, dass die Komplexität der Lebenswelt als solche abgebildet gehört – was im Chemieunterricht bspw. anhand von Diskussionen zu politischen Maßnahmen zu Umweltauswirkungen von Chemikalien durch das Einbeziehen verschiedener Perspektiven erreicht werden kann. Durch das Prinzip der Schülerorientierung liefert er den Lehrenden eine Begründung, die Lernenden dazu zu ermutigen, sich aktiv in demokratischen Prozessen zu engagieren und ihre eigene Verantwortung als Bürger*innen wahrzunehmen. Da gesellschaftliche Diskussionen über SSI oft in den Medien stattfinden, ist es wichtig, dass Chemielehrer*innen Kompetenzen bei den Lernenden fördern, Medieninhalte kritisch zu analysieren, um nicht unangemessen beeinflusst zu werden. Der Beutelsbacher Konsens betont die Wichtigkeit, verschiedene auf der freiheitlichen demokratischen Grundordnung basierenden Meinungen und Perspektiven zu akzeptieren und zu respektieren – dies ist auch bei der Behandlung von SSI im Chemieunterricht wichtig. Insgesamt bietet die Einbeziehung des Beutelsbacher Konsenses eine Möglichkeit, um sicherzustellen, dass die Vermittlung von SSI im Chemieunterricht nicht nur fachlich fundiert, sondern auch ethisch und demokratisch orientiert ist.

Da aktives Handeln viele Formen haben kann, ist es notwendig, zwischen direkter und indirekter Aktionen zu unterscheiden. Denn direkte Aktionen können Recyclingaktionen, Reinigung der Umwelt, Nutzung des ÖPNV oder des Fahrrads statt des Individualautoverkehrs sein, während indirekte Aktionen die Mitwirkung an Petitionen, das Schreiben von Leserbriefen oder das Einreichen von Eingaben in das politische System darstellen können. Viele werten indirekte Maßnahmen als bloße Unterrichtsaktivitäten ab, die nicht viel bewirken können. Hodson (2014a) argumentiert, dass die Wirksamkeit von Aktivismus durch eine Mischung beider Aktionsformen besonders nachhaltig sei. Denn indirekte Formen, wie das Schreiben eines Leserbriefs, erfordern Analyse- und Argumentationskompetenzen, die kognitiv geprägt sind, auf Wissen aufbauen und dieses Handeln begründen können. Denn direktes Handeln kann konkrete Auswirkungen für ein lokales Problem haben, doch kann es auch von den Grundursachen des Problems ablenken. Der optimale Ansatz scheint eine Mischung zu sein. Diese Gegenstände aus der Lebenswelt können didaktisch genutzt werden, um den Lernenden in einem geschützten Umfeld eine Art Schonraum zu bieten. Es wurde schon deutlich, dass aktives Handeln vielfältig sein kann. Paul Stern (2000) hat eine Unterscheidung

von verschiedenen Aktivismen vorgestellt, die deshalb angeführt wird, weil sie die vielen Handlungsmöglichkeiten, die Menschen nutzen können, kategorisiert. Er unterscheidet (Umwelt-) Aktivismus (bspw. Teilnahme an Aktivitäten, die von aktivistischen Institutionen, wie Greenpeace, organisiert werden), nicht aktivistisches politisches Verhalten (bspw. Beteiligung an Wahlen oder Bürgerentscheiden), Verbraucherverhalten (bspw. Kauf von mikroplastikfreien Drogerieprodukten zum Schutz der Umwelt), Ökosystemverhalten (bspw. Säubern eines Baches) oder Verhalten, das spezifisch aufgrund von Arbeit oder anderen Gründen ist (bspw. Verringerung des Ressourcenverbrauchs in einem Arbeitsprozess).

Um sich dem Ziel zu nähern, die Lernenden zur Partizipation zu befähigen, kann durch Unterricht ein Möglichkeitsraum geschaffen werden, um die verschiedenen Formen der Partizipation in einem Schonraum handelnd zu erproben. Hier können entlang der Frage des wie Partizipierens, Möglichkeiten geboten werden, sich aktiv mit sich und der Gesellschaft auseinanderzusetzen, geschaffen werden. Hierzu sind die Erkenntnisse um das *didaktische Prinzip der Handlungsorientierung* (Gudjons, 2014; Meyer, 1989; Jank & Meyer, 2021) relevant. Dieses didaktische Prinzip kann von Lehrenden im Kontext von naturwissenschaftlicher Grundbildung zur Befähigung zur Partizipation an SSI derart genutzt werden, dass sich die Lernenden aktiv und kritisch handelnd mit sich selbst und der Gesellschaft auseinandersetzen müssen. Denn aus einer theoretischen Perspektive kann unter Bezug auf Mayer (2004) von handlungsorientiertem Unterricht gesprochen werden, wenn „unterrichtliche Maßnahmen die Orientierung der Lernenden auf Sicherung und Erweiterung ihrer Handlungsfähigkeit in für sie subjektiv erfahrbarer Weise unterstützen und befördern“ (Mayer, 2004, S. 23). In einer weiten Auslegung ist dieses didaktische Prinzip dann erfüllt, „wenn Lernende in aufgabenhaltige Situationen versetzt werden, die sie durch eigene Aktivitäten bewältigen müssen“ (Detjen, 2013, S. 334). Vor diesem Hintergrund lässt sich dieses didaktische Prinzip zur Gestaltung von Vermittlungsprozessen zur Befähigung zur Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen nutzen, weil sich damit Lernende ganzheitlich ansprechen lassen und sie angeregt werden, sich aktiv handelnd die Welt zu erschließen. Dieses aktive Handeln in Bezug auf naturwissenschaftliche Grundbildung beschreibt Hodson (2014a; ebd., 2014b) als eine reflexive Aktivität, denn aktuelles (Fach-)Wissen ist grundlegend und bestimmend für die Genese, Durchführung und Evaluation von Aktivitäten, gleichzeitig wird das Fachwissen durch die Beteiligung an Aktivitäten und deren kritische Reflexion geschärft. Die Politikwissenschaftlerin Carole Pateman (1970) benannte dieses dialektische Verhältnis von Wissen in aktivistischen Zusammenhängen wie folgt und betont, dass handlungsorientierte Partizipation erlernt werden kann: “participation develops and fosters the very qualities necessary for it; the more individuals participate the better they become able to do so” (Pateman, 1970, S. 42).

Daran knüpft das von Hodson (1993; ebd., 2003; ebd., 2014a; ebd., 2014b) entwickelte *Vierebenenmodell* der Komplexität aktiven Handelns im Kontext von naturwissenschaftlicher Bildung an. Auf *Stufe 1* werden die gesellschaftlichen Auswirkungen des wissenschaftlichen und technischen Wandels wertgeschätzt und es wird anerkannt, dass Wissenschaft und Technologien in erheblichem Maße gesellschaftlich bedingt sind. *Stufe 2* umfasst darüber hinaus die Anerkennung, dass Entscheidungen über die wissenschaftliche und technologische Entwicklung im Hinblick auf bestimmte Interessen und Perspektiven unter Einwirkung gesellschaftlichen Machtstrukturen getroffen werden, was bestimmten Gruppen Vor- und anderen Gruppen Nachteile bringen kann. *Stufe 3* geht über die Anerkennung derart hinaus, dass Lernende hier eigene Ansichten auf bewusster Grundlage ihrer eigenen Werte entwickeln sollen. Bis hierhin handelt es sich um kognitive Aspekte und Prozesse des einzelnen Subjekts, doch soll nicht nur gedacht, sondern auch gehandelt werden. In *Stufe 4* geht es um die konkrete Vorbereitung auf und das Ergreifen von Maßnahmen zur Partizipation an Diskursen um die jeweiligen SSI. Hierbei sollen die Lernenden Wege finden, ihre Werte und Überzeugungen in die Tat umzusetzen. Dabei kommt den Lehrenden eine Unterstützungsrolle derart zu, dass Lernende ihre Fähigkeiten, Einstellungen und Fertigkeiten entwickeln, selbstbestimmt zu leben und mit anderen Personen zusammenzuarbeiten, um Veränderungen herbeizuführen und auf eine gerechtere und nachhaltigere Welt hinzuarbeiten. Um handeln zu können, benötigen die Lernenden ein tiefes persönliches Verständnis der Probleme (und ihrer sozialen und ökologischen Auswirkungen) und der Möglichkeiten des gesellschaftlichen Umgangs mit ihnen, aber auch ein Wissen darüber, wie sie sicherstellen können, dass ihre Stimme gehört wird. Alle Vermittlungsprozesse, die darauf abzielen, Lernende im Hinblick auf eine aktive und begründete Partizipation an Diskursen, um SSI zu befähigen, müssen, gerade auch vor dem Hintergrund der OECD-Definition (1999) von naturwissenschaftlicher Grundbildung, eine erfolgreiche Kompetenzentwicklung entlang aller Stufen anstreben.

Mit Hodsons Vierebenenmodell lassen sich Aspekte zum von Elam und Bertilsson (2003) beschriebenen *Bürger*innenleitbild des*r pluralistischen wissenschaftlichen Bürger*in* bei Lernenden fördern. Der*ie pluralistische wissenschaftliche Bürger*in nimmt an Demonstrationen, Protestmärschen, Boykotten oder anderen konfrontativen Verhaltensformen teil und hat eine moralische Haltung auf Grundlage von wissenschaftlichen Begründungen entwickelt, die Richtschnur seines*ihres Handelns ist. Für Hodson (2003) muss damit das Leitbild für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, die zum konkreten gesellschaftlichen Handeln befähigt, ein*e wissenschaftlich und politisch gebildete*r Bürger*in sein, der*ie sich aktiv in gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen engagiert und nicht in der Rolle eines “armchair critic“ (Hodson, 2003, S. 645) verharret. Der Politikdidaktiker Peter Massing (2012; ebd., 2013) hat sich gefragt, welche Facetten politischen

Handelns differenziert werden können, um die dafür notwendigen Kompetenzen besser fördern zu können. Wenn Chemieunterricht SSI thematisiert und es nicht nur um das konkrete Wissen geht, sondern auch um die konkreten Handlungsmöglichkeiten, werden Elemente der politischen Bildung gestreift, was eine Berücksichtigung von Erkenntnissen dieser Wissenschaft begründet. *Politisches Handeln bedarf der Fähigkeiten des Artikulierens, des Argumentierens, des Verhandelns und des Entscheidens* (Massing, 2013). Sich *artikulieren* zu können meint hier, die eigene (politische) Position, das eigene Wissen, Meinen und Fühlen durch Verbalisierung gegenüber Anderen zum Ausdruck zu bringen – dies bedarf der Übung, weil das erlernte Wissen mit den eigenen Werthaltungen in eine Verbindung gebracht werden muss. *Argumentieren* können meint die Fähigkeiten, andere Subjekte von der eigenen Position (in Teilen) zu überzeugen. *Verhandeln* bezieht sich auf Fähigkeiten, andere Subjekte dazu zu bewegen, die eigene Position, eine Forderung oder einen Kompromiss zu akzeptieren oder zumindest wichtige Teile davon. Fähigkeiten dazu, etwas zu *entscheiden*, beziehen sich darauf, zu einem Ergebnis zu gelangen, welches zwischen Alternativen oder Varianten von Zielen, Gestaltungs- und Handlungsmöglichkeiten im Hinblick auf Wertmaßstäbe oder sonstigen Präferenzen abgewogen worden ist. Massing (2013) beschreibt, dass diese Facetten eigenständig sind und jeweils unterschiedliche Ziele verfolgen. Doch können sie auch als aufeinander aufbauend betrachtet werden, „sie bilden dann eine Handlungsketten (sic!), die in ihren Phasen nur analytisch getrennt werden kann. Die Grenzen zwischen diesen vier Facetten sind unscharf und fließend“ (Massing, 2013, S. 5). Die Beschreibung der Facetten politischen Handelns sind auch für den Chemieunterricht relevant, weil diese Fähigkeiten auch in fachbezogenen Auseinandersetzungen mit SSI bspw. mit der didaktischen Methode der *Fish-Bowl-Diskussion* (Mattes, 2002) notwendig sind, um gemeinsam mit anderen Subjekten in einem Austausch zu gehen. Darüber hinaus können die Lernenden durch das Erlernen der Facetten des politischen Handelns Fähigkeiten erhalten, um sich wirksam in realen Entscheidungsprozessen einzubringen und durch Engagement die Lebenswelt zu verbessern.

In Übereinstimmung mit den Ideen von Hodson (1993; ebd., 2003; ebd., 2014a; ebd., 2014b) hat Jensen (2002) einen vierstufigen Rahmen entwickelt, um Fachwissen, Wissen über umweltfreundliches Verhalten und Wissen über Handlungsformen zu fördern. Grundlegend ist hier (a) Wissen über das (Umwelt-) Thema bzw. über das jeweilige Problem besonders im Hinblick auf seine Art, seine *Auswirkungen* und seine wissenschaftlichen Grundlagen. Aufbauend darauf ist ein (b) Wissen über die mit dem jeweiligen Thema einhergehenden sozialen, *politischen und wirtschaftlichen Strukturen* sowie deren Effekte auf die jeweiligen problematischen Ausprägungen. Darüber hinaus geht ein (c) Wissen darüber, wie durch direktes oder indirektes Verhalten *Veränderungen in der Gesellschaft*

herbeigeführt werden können. Als (d) vierte und komplexeste Dimension braucht es ein übergeordnetes Ziel in Form einer *Vision von Welt*. Hervorzuheben ist, dass Jensen (2002) benennt, dass fachwissenschaftliche Kenntnisse über das jeweilige Problem und über mögliche Handlungsformen und -ziele die Grundlage für aktives Engagement sind. Damit Lernende diese Grundlagen besitzen, müssen sie diese kennenlernen, aber auch in Situationen gesetzt werden, in denen sie dieses Wissen anwenden können.

Im Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist die Befähigung zur Partizipation in Form von konkretem Handeln aufgrund erworbenen fachlichen Wissens angelegt und über die Thematisierung von SSI können Lernende befähigt werden, in Bezug auf reale gesellschaftliche Probleme aktiv zu werden. Konkret kann dies durch *handlungsorientierte Arbeitsaufträge* gelingen (vgl. Anton & Reiners, 2023; Anton & Reiners, 2024). Sie sind dabei Anweisungen an die Lernenden, ihr erworbenes Wissen in Bezug zum jeweiligen SSI konkret handelnd in Aktivitäten anzuwenden, bspw. mit anderen Lernenden über SSI-Aspekte zu diskutieren und sich mit den Positionen Anderer vor dem Hintergrund der eigenen Position aktiv auseinanderzusetzen. Hierbei handelt es sich um ein konkretes didaktisches Werkzeug, um Kompetenzen zur Handlungsfähigkeit zu fördern. Fachdidaktisch sollen die Lernenden hier real, d. h. in ihrer Rolle, oder simuliert, d. h. in einer zugewiesenen Rolle, anhand konkreter gesellschaftlicher Artikulations- oder Entscheidungsprozesse exemplarisch am eigenen Leib durch und aus ihrem Handeln heraus in einer Art Schonraum zum aktiven Handeln befähigt werden (Hodson, 2011; Hodson, 2014b). Diese schließen das Durchführen und Bewerten von konkreten Maßnahmen sowie die Zusammenarbeit mit anderen Menschen für ein konkretes Ziel ein. Durch das aktive Handeln im Schulunterricht sehen Fachdidaktiker*innen Beiträge zur Transformation des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu einem Bildungskonzept, das Fähigkeiten zur Selbstbestimmung und gesellschaftlichen Beteiligung fokussiert (Alsop & Bencze, 2014; Malmberg & Urbas, 2019; Sjöström & Eilks, 2017; Sjöström et al., 2016). Trotz der Bemühungen, SSI in Schulen einzubeziehen und Lernende zu befähigen, sich aktiv zu engagieren, beschränkt sich der SSI-Unterricht laut Alsop und Bencze (2012) oft nur auf die Darstellung des sozialen Dilemmas, ohne den Versuch Engagement, Beteiligung oder Aktion zu fördern. Da die handlungsorientierten Arbeitsaufträge in Bezug auf die Partizipation an Diskursen um SSI als besonders potent zur Verwirklichung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, die Selbstbestimmung und eine demokratische Gesellschaft fokussiert, eingeschätzt werden, können diese auch als partizipationsorientierte Handlungsaufträge aufgefasst werden.

2.2.2 Dialogische Vermittlungsansätze: Grundlagen zur aktiven Beteiligung schaffen

Zeidler und Sadler (2023) bilanzieren in ihrem Beitrag im Handbook of Research on Science Education, dass die Implementierung von SSI-Ansätzen lohnend, aber nicht ohne Herausforderungen sei, die bspw. im Zusammenhang mit dem Übergang von essentialistischen zu progressiven Bildungsansätzen oder im Hinblick darauf, wie es gelingen kann, eine Vielzahl von Diskursstrategien und Perspektiven in die Vermittlungsprozesse einzubinden. Wenn die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI angestrebt wird, fallen häufig auch die Begriffe wie projektbasiertes Lernen (Krajcik, McNeill & Reiser, 2008), fallbasiertes Lernen (Yadav et al., 2007) oder kontextbasiertes Lernen (Bennet & Lubben, 2006). Sadler, Foulk und Friedrichsen (2017) argumentieren, dass es Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede zwischen diesen didaktischen Ideen und der Nutzung von SSI im Chemieunterricht gibt. Den Ansätzen ist gemeinsam, dass sie ein Lernen in Kontexten aus der Lebenswelt anstreben, die dem Inhalt eine besondere Bedeutung verleiht. Projektbasiertes Lernen bezieht sich meistens auf eine interessante Frage oder ein Problem aus der Lebenswelt (wie die Frage nach der Bildung von Wassertropfen auf einer Geträndedose), fallbasiertes Lernen kontextualisiert Erfahrungen aus der Lebenswelt durch interessante Situationen, kontextbasierte Ansätze stellen Verbindungen zwischen den Naturwissenschaften und den Erfahrungen der Lernenden her, während durch die SSI dies alles möglich ist und darüber hinaus zwingend gesellschaftlich relevante, offene oder kontroverse Themen verhandelt werden. Durch SSI bezogene Vermittlungsprozesse wird nicht nur, wie bei den anderen o. g. Bildungsansätzen, der Inhalt derart vermittelt, dass die Lernenden ein Verfügungswissen aufbauen, sondern darüber hinaus auch ein Orientierungswissen (vgl. Mohr, 1989).

Levinson (2008) argumentiert, dass der Zugang zu Diskursen rund um SSI entscheidend für einen Lerngewinn ist, denn individuelle Aspekte helfen den Lernenden den Inhalt des SSI einzuordnen, auf das Problem zu reagieren und die wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Grundlagen der Thematik zu ergründen. Er sieht hier persönliche Erzählungen als besonderen Zugang, denn hierdurch können verschiedene Rollenstandpunkte, gerade im Anfangsunterricht, plastisch thematisiert werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass wissenschaftliche Erkenntnisse Grundlage der Positionen sind und diese nicht völlig aus der Luft gegriffen sind (Levinson, 2008; Zeidler, Sadler, Simmons & Howes 2005). Empirisch haben sich Forschende um Lee (Lee, Chang, Choi, Kim & Zeidler, 2012) damit auseinandergesetzt, inwiefern durch eine explizite Thematisierung von SSI-Aspekten anhand von dialogischen Diskussionen und Reflexionsprozessen während einer Genetiklehrveranstaltung die Lernenden im Hinblick auf die *Verantwortlichkeiten eines global citizens* (Weltbürger*in) sensibilisiert werden können. Die Ergebnisse zeigten, dass die Lernenden sensibler

für moralische und ethische Aspekte der wissenschaftlichen und technologischen Entwicklung wurden und mehr Mitgefühl für verschiedene Menschen haben, die entweder von den Vorteilen der fortgeschrittenen Technologie entfremdet oder den Gefahren ihrer unbeabsichtigten Auswirkungen ausgesetzt sind. Darüber hinaus fühlten sich die Lernenden stärker verantwortlich für künftige Lösungsansätze bzgl. des SSI. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass allein der Kontakt mit SSI und die Teilnahme an verschiedenen Diskussionen innerhalb von Vermittlungsprozessen dazu beitragen können, Verantwortungsgefühle und Handlungsbereitschaft bezüglich SSI zu fördern. Inwiefern dies dann zur konkreten Handlung in Form von Partizipation und Beteiligung führt, ist aufgrund dessen, dass dies dann außerhalb von Schule stattfindet, nicht fachdidaktisch messbar. Darüber hinaus ist in mehreren Studien herausgefunden worden, dass Lernende zur erfolgreichen Teilnahme an diskursiven Interaktionen mit Gleichaltrigen über fachliches Wissen und über Fähigkeiten zur Geltendmachung von Ansprüchen ihrer Aussagen verfügen müssen (Vaughn et al., 2001; Nunez-Eddy et al., 2018). Ebenso betont etwa Hodson (2014a; ebd., 2014b), dass diejenigen, die handelnd Veränderungen herbeiführen wollen, auch fundierte Kenntnisse darüber haben müssen, wie SSI bezogene Entscheidungen in der betreffenden Gemeinschaft getroffen werden. Gleichzeitig belegen empirische Untersuchungen zum Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten in SSI, dass SSI bezogene Vermittlungsprozesse Zuwächse an konzeptionellem Wissen fördern (Dori et al., 2003; Yager et al., 2006; Sadler, Barab und Scott, 2007; Klosterman & Sadler, 2010).

Nach der Betrachtung dieser verschiedenen theoretischen Perspektiven zur Integration von SSI in den Chemieunterricht stellt sich die Frage nach konkreten didaktischen Ansätzen zur Kompetenzförderung: Können didaktische Kompetenzen im Umgang mit SSI gefördert werden? Auf Grundlage der theoretischen Perspektiven wurden dialogische Ansatzpunkte als praxisnahe Möglichkeiten abgeleitet, die im Folgenden vorgestellt werden. Alcaraz-Dominguez und Barajas (2021) erläutern, dass zur Förderung von Kompetenzen, dass Lernende begründet Entscheidungen treffen und den Unterschied zwischen Meinungen und evidenzbasierten Schlussfolgerungen verstehen, Gruppendiskussionen zu ausgewählten SSI-Diskursen geeignet sind. Sie definieren Gruppendiskussionen als evidenzbasierte Gespräche, bei denen verschiedene Ansichten zum gleichen Thema dargelegt werden (Alcaraz-Dominguez & Barajas, 2021). Aus Sicht von Tal & Kedmi (2007) sollte ein naturwissenschaftlicher Unterricht, der darauf abzielt, Kompetenzen zur Teilhabe an offenen Debatten über SSI zu entwickeln, unterschiedliche Herangehensweisen integrieren. Diese Ansätze sollen zum Nachdenken anregen, die Diskussionen über die problematischen Ausprägungen der SSI, für die es keine konkreten Lösungen gibt, unter Berücksichtigung verschiedener Wertehaltungen ermöglichen und Wege zum aktiven Engagement eröffnen. Allchin (1999) betont, dass Wert-

urteile im Unterricht der Naturwissenschaften, auch wenn es um naturwissenschaftsbasierte Konflikte geht, vermieden werden, weil dies nicht Aufgabe des Faches sei, sondern der Gesellschaftswissenschaften. Diese traditionell-konservative Haltung lässt sich nicht mit der Bildungsidee der naturwissenschaftlichen Grundbildung vereinen, wenn die Befähigung zur Orientierung in der Lebenswelt ernst genommen wird und die Grundprinzipien des Beutelsbacher Konsenses beachtet werden.

Verschiedene Forschungen, u. a. jene, an denen Bossér (Bossér et al., 2015; Bossér, 2018; Bossér & Lindahl, 2019; Bossér & Lindahl, 2021) beteiligt war, heben die Wichtigkeit von dialogischen Interaktionen im Unterrichtsgespräch im Kontrast zu autoritären Verhaltensweisen zur Förderung der begründeten Partizipation an SSI-Entscheidungsprozessen hervor. Dabei stellten sie fest, dass die dialogische Interaktion eine Rolle bei der Schaffung einer Grundlage für die Beteiligung an SSI-Diskursen spielt. Dabei sind *vier Formen der möglichen Interaktion in Unterrichtsgesprächen* aus ihrer Sicht zu unterscheiden: 1) *dialogisch interaktiv* (Lernende und Lehrende wechseln sich gegenseitig ab und verschiedene Perspektiven sind gegeben), 2) *dialogisch nicht interaktiv* (Lernende und Lehrende wechseln sich nicht ab, verschiedene Perspektiven sind aber gegeben), 3) *autoritär interaktiv* (Lernende und Lehrende wechseln sich ab, verschiedene Perspektiven sind nicht gegeben), 4) *autoritär nicht interaktiv* (Lernende und Lehrende wechseln sich nicht ab und verschiedene Perspektiven sind nicht gegeben). Zur Förderung von Kompetenzen zur Partizipation zur Verwirklichung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bevorzugen die Autor*innen der Studien, wie auch der Verfasser dieser Schrift, dialogische Vermittlungsprozesse, denn hier argumentieren die Lernenden gleichwertig und eine Perspektivenvielfalt ist gegeben. Dialogische, nicht interaktive Strategien begünstigen tendenziell eine stärkere Kontrolle der Lehrenden über die Diskussionen und tragen dazu bei, sicherzustellen, dass unterschiedliche Perspektiven auch wirklich berücksichtigt werden, wodurch das Engagement der Schüler gefördert wird.

Um Lernende nicht nur im Unterrichtsgespräch für eine dialogische und konsensuelle Entscheidungsfindung zu sensibilisieren, schlug Kolstø (2000; ebd., 2006) das “consensus model“ (zu Deutsch: Konsensmodell) vor, welches auf der Methode der sogenannten Konsensuskonferenzen (Sellnow, 2002) basiert. Hier wird ein kontroverses Thema von hoher gesamtgesellschaftlicher Bedeutung mit zufällig ausgewählten Bürger*innen und unter Einbindung von Sachverständigen mit dem Ziel diskutiert, ein Bürgervotum in Konsens zu beschließen. Kolstø (2000; ebd., 2006) hat dieses Verfahren aus der Lebenswelt für den naturwissenschaftlichen Unterricht erschlossen. Hier arbeiten die Lernenden in Gruppen, wobei jede Gruppe einen Wissensaspekt und eine Werteperspektive des SSI zur Analyse vorgegeben bekommt. Damit werden diese Lernenden zu Experten,

die dann den anderen Lernenden, die in einem anderen bestimmten Wissensaspekt und einer bestimmten Werteperspektive Experte sind, davon berichten können, sodass alle Lernenden aufgeklärt und unter Berücksichtigung verschiedener Wissensaspekte und Werteperspektiven konsensuell eine Meinung der Gruppe entwickeln können. Aus Sicht von Fensham (2012) gelingt es Kolstø (2000; ebd., 2006) durch diese didaktische Aufbereitung Lernmöglichkeiten zu schaffen, die dazu sensibilisieren, dass Entscheidungsfindungen sowohl auf Werten als auch auf Wissen basieren sollten.

Damit dies überhaupt gelingen kann, muss der entsprechende SSI für die Lernenden von *Relevanz* sein, was von den Lehrenden vor dem Vermittlungsprozess, etwa durch die Berücksichtigung von Jugendstudien oder aktives Nachfragen in der Lerngruppe, geprüft werden muss. Kollmus und Argyeman (2002) nennen diese Relevanzdimension in Bezug auf umweltfreundliches Verhalten *emotionale Beteiligung*. Um diese emotionale Beteiligung von einer didaktischen Seite aus zu erhalten und auszubauen, schlagen sie vor, in Vermittlungsprozessen Fallstudien, Theater- und Rollenspiele, Literatur, Kunst, Fotografien, Filme, Musik, Besuche vor Ort oder Befragungen von Betroffenen zu nutzen. Gleichzeitig können durch diese Maßnahmen die Wahrscheinlichkeiten erhöht werden, dass Lernende zu aktiven Bürger*innen werden, weil sie ermutigt werden, aktiv zu sein und diese Zugangsformen ihnen Möglichkeiten zur Auseinandersetzung bieten (Hodson, 2014a). Um Lernende für die Notwendigkeit gesellschaftlichen Handelns zu sensibilisieren, zeigten Lester, Ma, Lee und Lambert (2006), dass Schreibaktivitäten, in denen Lernende die Rolle eines Journalisten einnehmen, eine Möglichkeit sein könnten.

Ratcliffe (1997) und Dawson (2001) haben ausprobiert, inwiefern sich Unterrichtsdebatten, Kosten-Nutzen-Analysen, Theater, Simulations- und Rollenspiele eignen, um im naturwissenschaftlichen Unterricht die Bildung einer eigenen Meinung und dessen Abgrenzung zu anderen Perspektiven zu fördern. Sie konnten feststellen, dass durch explizite Entscheidungsansätze innerhalb dieser fachdidaktischen Methoden die Lernenden zur Auseinandersetzung mit Meinungen vor einem fachwissenschaftlichen Hintergrund angeregt werden, um sich im realen Leben orientieren zu können. Sie haben dies jeweils im Unterschied zu traditionellem Unterricht untersucht.

2.2.3 SSI im Chemieunterricht: Lernende zwischen Interesse und Herausforderung

Für die Lernenden ist die Auseinandersetzung mit SSI im Ergebnis für eine Orientierung in der Lebenswelt sinnvoll, aber im Prozess gilt das Aushandeln von SSI mit dem Ziel der Bildung einer fundierten Sichtweise als kognitiv herausfordernd. Dies erklärt sich damit, dass dabei deskriptive

und normative Dimensionen zusammengebracht werden, denn trotz ihres reichen Erkenntnisstandes kann die Wissenschaft in demokratischen, anders als in technokratischen, Gesellschaften nicht allein Grundlage für die Bewältigung komplexer gesellschaftlicher Probleme sein (Eggert et al., 2013; Jho et al., 2014). Die normative Dimension bei der Behandlung von SSI ergibt sich aus der expliziten Verhandlung von ethischen Aspekten und Werteperspektiven, aber auch durch ihre innewohnende Offenheit und Kontroversität (Kolstø, 2006, Lee, 2007; Zeidler, 2014). Dies hat zur Folge, dass es nicht nur eine Sichtweise gibt, sondern eine nahezu unbegrenzte Anzahl an möglichen Perspektiven, weshalb bei der Thematisierung von SSI eine multiperspektivische Betrachtung obligatorisch ist, die jedoch Einsichten dahingehend erfordert, dass jede Problemlösung je nach Perspektive und Wertekanon Chancen und Herausforderungen impliziert (Jiménez-Aleixandre & Puig, 2012; Liu, Lin, & Tsai, 2011; Sadler, 2009; Sadler, Barab & Scott, 2007; Wu & Tsai, 2007). Aus empirischer Sicht kann konstatiert werden, dass die Berücksichtigung von SSI Auswirkungen auf Denkfähigkeiten, wie Kreativität, Argumentationen oder kritisches Denken hat (Sadler, 2009). Diesbezügliche Auswirkungen sind derart, dass durch SSI die Argumentationsfähigkeiten von Lernenden gefördert werden konnten (Dori, Tal & Tsaushu, 2003; Tal & Hochberg, 2003; Tal & Kedmi, 2007; Pedretti, 1999; Walker & Zeidler, 2007; Zohar & Nemet, 2002), dass Lernende in SSI-Kontexten kreativer seien (Yager et al., 2006; Bliersbach, 2017) und Kreativitätsgewinne verzeichnen (Lee & Erdogan, 2007), dass SSI reflektierte Vermittlungsprozesse Fortschritte im expliziten Urteilsvermögen ermöglichen (Zeidler, Sadler, Applebaum & Callahan, 2009).

Häufig wird auf Grundlage dessen, dass eine SSI-bezogene Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung deutlich komplexer sei und dadurch weniger effektiv im Hinblick auf den Kompetenzerwerb, ablehnend gegenüber SSI reagiert. Forschende haben jedoch in einer vergleichenden Untersuchung herausgefunden, dass das Lernen von Inhalten unter SSI-Bezugnahme genauso effektiv (Yager et al., 2006) oder effektiver als traditionelle Lernumgebungen sei (Zohar & Nemet, 2002). Begründen lässt sich dies unter anderem damit, dass Lernende SSI meistens als relevant und bzw. oder als interessant einschätzen (Dori et al., 2003; Bennett et al., 2005; Harris & Ratcliffe, 2005; Bulte, Westbroek, de Jong & Pilot, 2006; Albe, 2008; Zeidler et al., 2009). Darüber hinaus gibt es Argumente, dass Lernende durch die Thematisierung von SSI darin bestärkt werden, sich gemeinschaftlich zu engagieren (Yager et al., 2006), und durch die Nutzung von SSI entstehen Möglichkeiten, den Mehrwert der Naturwissenschaften stärker wertzuschätzen (Lee & Erdogan, 2007).

Zugänge für Lernende zu SSI sind häufig *Diskussionen* im Klassenzimmer oder problemzentrierte Gruppenarbeiten (Chen & Xiao, 2021). Diskussionen im Klassenzimmer bedürfen zum erfolgreichen Einsatz bestimmter Grundsätze in Bezug auf Gestaltung und Durchführung, wie etwa die Vorbereitung der Lernenden auf die Diskussionen, die Einbeziehung und der bewusste Rückbezug auf persönliche Erfahrungen der Lernenden, sowie die Berücksichtigung aller Beiträge und deren kritische Würdigung (Bossér et al., 2015). Dabei handelt es sich bei diesen Diskussionen um einen weiten Begriff von Diskussionen, der auch Rollenspiele einschließt. Diesen Diskussionen geht meistens eine *Gruppenarbeit* zur Aneignung des Wissens über die SSI voraus (Chen & Xiao, 2021). Zur Vermittlung der verschiedenen Perspektiven und Inhaltselemente von SSI nutzen viele Lehrende Gruppenarbeiten als didaktische Strategie in ihrem Unterricht (Reis & Galvao, 2004; Sadler et al., 2006; Wolfensberger et al., 2010; Ekborg et al., 2012; van de Zande et al., 2012; Lee & Yang, 2019). Nachdem nun die kognitiven Herausforderungen und positiven Effekte der Auseinandersetzung mit SSI für die Lernenden herausgearbeitet wurden, richtet sich der Fokus nun auf die Zielgruppe der naturwissenschaftlichen Grundbildung: die Lernenden. Für sie spielt die Sozialisationsinstanz Schule eine zentrale Rolle in der Vermittlung von Wissen über SSI. Diese Perspektiven bieten Einblicke in die Innenwelten der Lernenden und geben Hinweise in Bezug auf ihre Wünsche bezüglich einer Thematisierung von SSI im Chemieunterricht.

Die Adressaten von naturwissenschaftlicher Grundbildung sind die Lernenden, die zumeist Jugendliche und junge Erwachsene darstellen. Die beeinflussenden Bereiche der jungen Menschen im Hinblick auf den sozialen und gesellschaftlichen Kontext lassen sich vor allem den sekundären und tertiären Sozialisationsinstanzen zuordnen. Unter Sozialisationsinstanzen werden Menschengruppen oder soziale Zusammenhänge verstanden, in denen bedeutende Sozialisationsprozesse stattfinden, dabei können sich die Einflussbereiche der Sozialisationsinstanzen auch überschneiden (Giddens, Fleck & Egger de Campo, 2009, S. 146). Sozialisation meint dabei „die gesamte – bewusste und unbewusste – Aneignung gesellschaftsbezogener Kenntnisse, Fähigkeiten, Einstellungen und Werte“ (Meyer, 2000, S. 498). Üblicherweise werden primäre, sekundäre und tertiäre Sozialisationsinstanzen voneinander unterschieden. Zu den primären Sozialisationsinstanzen gehört die Familie und der Freundeskreis, während Erziehungs- und Bildungsinstitutionen, wie Kindergarten und Schule, zu den sekundären Sozialisationsinstanzen und Medien, Politik, Beruf und Religion zu den tertiären Sozialisationsinstanzen gezählt werden (vgl. Meyer, 2000; Hurrelmann, 2006). Es wird ersichtlich, dass Schule, Beruf und Hochschule nach Familie und Freunden Vermittler von Wissen und Handlungsmöglichkeiten in Bezug auf Umwelt- und Naturschutz sind. Den Lehrer*innen in der Schule kommt daher eine wichtige Funktion zu, die Lehrende gerade bei

diesen komplexen Themen herausfordert, und ein wichtiges Legitimationsargument zur Thematisierung von SSI im Rahmen der Chemielehrer*innenbildung an der Universität bildet. Forschende im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU, 2018; BMU, 2020; BMU, 2022; Frick et al., 2023; Gossen et al., 2016) haben in mehreren Jugendstudien festgestellt, dass Schule, Berufsschule und Hochschule für die Jugendlichen die erste Wahl zur Beschaffung von Informationen gerade für das Thema Umwelt und Naturschutz sind. Auch hier zeigt sich, dass schulische Bildungsinstitutionen und daher auch die Lehrer*innen als sekundäre Sozialisationsinstanz eine Mittlerfunktion innehaben und somit die schon benannte Multiplikatorwirkung der Lehrer*innen bekräftigen.

Aus verschiedenen Jugendstudien geht hervor, dass jungen Menschen der Schutz von Natur und Umwelt wichtig ist (BMU, 2018, S. 7; BMU, 2022, S. 17; Frick, Gossen, Holzhauer & Winter, 2023, S. 41) und bei ihnen bezüglich des Klima- und Umweltschutzes ein „ausgeprägtes Problembewusstsein“ (Gossen, Holzhauer, Schipperges & Scholl, 2016, S. 4) vorliegt. Die Ergebnisse aus den verschiedenen Jahren sind sehr ähnlich, weshalb hier zur Untermauerung der Argumentation auch Textverweise in älteren Studien gesetzt werden. Dabei ist den Jugendlichen und den jungen Erwachsenen bewusst, dass es um die Lebensgrundlagen und Zukunftsaussichten ihrer eigenen Generation geht, zeitgleich fühlen sie sich jedoch über „Einzelheiten und Zusammenhänge (...) oft unzureichend informiert“ (BMU, 2018, S. 13). Dabei äußern sie Bedauern, „dass Nachhaltigkeitsthemen in öffentlichen Bildungseinrichtungen nicht den Stellenwert haben, den sie ihrer Meinung nach haben sollten“ (ebd.) und aus Sicht der Befragten im Jahr 2021 weiterhin in Schule und Bildungseinrichtungen nicht genug oder eher nicht genug getan wird (Frick, Gossen, Holzhauer & Winter, 2023, S. 48). Hinzu kommt, dass die Jugendlichen und jungen Erwachsenen diese Einrichtungen, wie Schule, Beruf und Hochschule, insgesamt als ersten Weg sehen, um sich mit diesen Inhalten auseinanderzusetzen (BMU, 2018; BMU 2020; BMU, 2022; Frick, Gossen, Holzhauer & Winter, 2023; Gossen, Holzhauer, Schipperges & Scholl, 2016). Die Ergebnisse dieser Jugendstudien sollen darstellen, inwiefern die Lernenden im System Schule, wie auch die Probanden der Einzelstudien dieser Studie, in Bezug auf umweltbezogene SSI eingestellt sind und mit welchen Anforderungen (im Sinne von Wünschen) diese Personengruppe Bildungseinrichtungen besuchen.

2.2.4 Lehrende als verantwortliche Akteure der didaktischen Transformation von SSI

Zentral für die Vermittlung von SSI sind die Lehrenden. Sie sind diejenigen, die im Sinne einer *Wissenstransformation* im Unterricht (Reiners, 2022) den Lehrinhalt unter Einbezug der Vorausset-

zungen der konkreten Lerngruppe und der unterrichtlichen Ziele in einen Lerninhalt zu transformieren haben. Die Lehrenden haben damit eine wichtige *Multiplikatorfunktion*, weil sie es sind, die die fachbezogenen Lernprozesse im Unterricht vorbereiten und maßgeblich mit dem Ziel gestalten, sich innerhalb der Lebenswelt zu orientieren und an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen bezüglich SSI zu partizipieren. Die Einstellung der Lehrenden zum Einsatz von SSI zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung wirkt sich auf ihre Unterrichtspraxis aus (Karisan & Zeidler, 2016). Lehrende, die SSI aktiv in ihrem Unterricht einsetzen, zeichnen sich meist dadurch aus, dass sie eine offene Unterrichtsagenda verfolgen, an deren Struktur die Lernenden mitwirken können, sie treten häufig als Moderator auf, der Diskussionen der Lernenden untereinander unterstützt und als Critical Friend Annahmen, die die Lernenden machen, in Frage stellt, um die Lernenden zur Reflexion über den jeweiligen Status Quo anzuregen (Sadler, Amirshokoochi, Kazempour & Allspaw, 2006). Doch ein großer Anteil an Lehrenden der Naturwissenschaften bevorzugen Barrue und Albe (2013) zufolge einen monologischen Unterricht.

In einer empirischen Studie mit Lehrenden aus dem amerikanischen Schuldienst untersuchten Sadler et al. (2006) deren Einstellungen zum Einsatz von SSI im naturwissenschaftlichen Unterricht und fanden *fünf unterschiedliche Profile von Lehrenden*. *Profil A* erachtet eine Einbettung von SSI in den naturwissenschaftlichen Unterricht als wichtig, denn ethische, soziale, wirtschaftliche und politische Aspekte werden als notwendig in Vermittlungsprozessen angesehen, sie thematisieren SSI ausführlich in ihrem Unterricht. *Profil B* hat die gleichen Perspektiven wie die unter Profil A beschriebenen Lehrenden, sie sind jedoch der Ansicht, dass Curricula sie einschränken. *Profil C* hat eine ambivalente Einstellung zu SSI im naturwissenschaftlichen Unterricht und ist nicht der Meinung, dass es zu ihren Pflichten gehört, ethische, soziale, wirtschaftliche und politische Aspekte zu fördern. *Profil D* lehnt die Vorstellung ab, dass Naturwissenschaften und ethische, soziale, wirtschaftliche und politische Aspekte miteinander verbunden sind, sie lehnen eine Behandlung von SSI im Unterricht ab. *Profil E* vertritt eine ähnliche Position, wie Profil A, erweitert sie jedoch dahingehend, dass ethisches Denken und Werteerziehung in allen Disziplinen relevant seien. Diese Forschung ist vom Autor dieser Arbeit gemacht worden, um die Sichtweisen der Lehrenden einschätzen zu können und um Angebote zur Implementierung von SSI im naturwissenschaftlichen Unterricht passgenauer konzipieren zu können. Der Autor dieser Arbeit schlägt darüber hinaus vor, dass SSI bezogene Vermittlungsprozesse schon in der Lehramtsausbildung einen Schwerpunkt darstellen sollten. Die Mehrheit der an diesen Studien teilnehmenden Lehrenden war einem der ersten beiden Profile zuzuordnen, was nahelegt, dass die meisten Lehrenden SSI als nützliche Möglichkeit für naturwissenschaftliche Grundbildung ansehen (vgl. Kap. 6.3). Diese Ergebnisse wurden in weiteren Studien manifestiert, etwa mit berufstätigen Lehrkräften (Barrett & Nieswandt, 2010)

oder angehenden Lehrkräften (Pedretti et al., 2008). In der Studie von Tidemand und Nielsen (2017) jüngeren Datums hingegen spiegelte sich der Lehrentyp wider, der der Meinung ist, dass es nicht in ihrer Verantwortung liege, SSI im naturwissenschaftlichen Unterricht anzusprechen, was an dem folgenden Zitat eines Lehrenden fassbar wird: “[SSI, Anm. d. Verf.] should have their natural home in other disciplines such as social studies or interdisciplinary activities” (Tidemand & Nielsen, 2017, S. 11).

Hodson (2014b) argumentiert mit Blick auf Lehrende, die kontroverse SSI in ihrem Unterricht vermeiden, dass es sich hier nicht um neutrale Sichtweisen handele. Denn durch die Nichtbeachtung und Nichtinfragestellung der zugrunde liegenden gesellschaftspolitischen Ursachen, bspw. von Umweltproblemen, werden soziale Praktiken der gegenwärtigen Institutionen und Herrschenden ermöglicht, unterstützt und gefördert. Für Hodson (2014b) gibt es keine politische Nichteinmischung, jede Handlung ist politisch:

Non-involvement is, in itself, a form of involvement by default and constitutes implicit support for the dominant ideology. Avoiding political matters is, in effect, leaving it for others to decide (Hodson, 2014b, S. 94).

In ihrem Literaturreview konnten Chen und Xiao (2021) zeigen, dass die meisten Lehrenden SSI für ihren Unterricht im Allgemeinen notwendig finden, sie aber eher eine instrumentelle Sicht haben und SSI als Mittel zur Kontextualisierung inhaltlichen Wissens oder zur Motivationssteigerung nutzen und dabei soziale, politische, wirtschaftliche und moralische Dimensionen und Aspekte der NoS häufig nicht berücksichtigen. Feinstein (2011) argumentiert, dass ohne Lehrende, die SSI-basierten naturwissenschaftlichen Unterricht durchführen und dabei Wissensinhalte der Naturwissenschaften gemeinsam mit ihrer Anwendung und ihren Implikationen für die Lebenswelt vermitteln wollen, die Ziele einer naturwissenschaftlichen Grundbildung nicht erreicht werden können. Es geht nach Zeidler und Nichols (2009) darum, die Trennung des Erlernens von Inhalten der Naturwissenschaften und der Betrachtung ihrer Anwendungsimplicationen, welche eine künstliche Trennung ist (“is an artificial divorce“ (Zeidler & Nichols, 2009, S. 50)), zu überwinden. Dabei sollte produktiv mit Interventionen, die zur Weiterentwicklung einladen und persönliche Fortschritte ermöglichen wollen, auf Lehrende und auch besonders auf zukünftige Lehrende, die in ihrer *Multiplikatorrolle* die Zukunft maßgeblich prägen werden, zugegangen werden. Das heißt, es geht hier um den Anstoß von Reflexionsprozessen zur Erweiterung einer eher instrumentellen Sicht auf SSI bezogene Vermittlungsprozesse hin zur Berücksichtigung von sozialen, wirtschaftlichen, politischen, moralischen und ethischen Aspekten der Naturwissenschaften (Oulton et al.,

2004; Bryce & Gray, 2004). Dabei müssen in den Angeboten den Lehrenden Handlungsmöglichkeiten gezeigt werden und sie angeleitet werden, SSI-bezogene Vermittlungsprozesse zu planen, zu analysieren und zu reflektieren, was konkret bspw. die Choreographie von möglichen diskursiven Unterrichtsmethoden einschließt, um persönliche Bezüge zur Praxis handlungsorientierter Lernarrangements zu geben (Byrne et al., 2014).

Zeidler, Applebaum und Sadler (2011) halten für die Umsetzung eines sogenannten SSI-Klassenzimmers die Reflexion über die eigenen Unterrichtspraktiken für essenziell. Sie schlagen vor, dass Lehrende dabei durch Mentor*innen oder durch kollegiale Hospitationen unterstützt werden. Eine Untersuchung von Day und Bryce (2011) ergab das Ergebnis, dass Lehrende, die auch ein geisteswissenschaftliches Fach studiert hatten, tendenziell eine breite Perspektive auf den Einsatz von Diskussionen im naturwissenschaftlichen Unterricht haben und in den Diskussionen eine Multiperspektivität anstreben. Naturwissenschaftslehrende ohne geisteswissenschaftlichen Hintergrund neigten in dieser Studie eher dazu, Diskussionen als ein zu übendes Ereignis zu konzipieren, in dem es vor allem um die Entwicklung von Sozial-, Kommunikations- und Zuhörfähigkeiten denn um fachliche Aspekte zur konsensuellen Entscheidungsfindung ging. Dies deckt sich mit einer Untersuchung von Cross und Price (1996), die erste Erfahrungen australischer Naturwissenschaftslehrer*innen im Umgang mit SSI in ihrem Unterricht untersuchten. Es wurde deutlich, dass die Lehrenden Unterstützung bei der Klärung von Zielen, die zum Engagement befähigen sollen, brauchten und bei der Steuerung der Diskussionen im Klassenzimmer, hier besonders in Bezug auf nicht-(natur-)wissenschaftliche Aspekte. Darauf aufbauend fanden Untersuchungen von Levinson et al. (2001) in England und von Bryce und Gray (2004) in Schottland statt, die ähnliche Herausforderungen auf Seiten der Lehrkräfte verdeutlichten. Einhergehend mit den Bildungsstandards (KMK, 2005; KMK, 2019; KMK, 2024) wurde auch der Kompetenzbereich Bewertung eingeführt und unter Bewertungskompetenz wird die Kompetenz verstanden, „chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten“ (KMK, 2005, S. 7) zu können. Viele Forschungsarbeiten aus dem deutschsprachigen Raum, in denen Lernende befähigt werden sollen, Gegenstände aus der Lebenswelt unter Einbeziehung ihrer durch die naturwissenschaftliche Grundbildung erworbenen Kompetenzen zu bewerten, fallen deshalb unter den Begriff der Bewertungskompetenz. Da in dieser Arbeit ein Fokus auf dem Beitrag von SSI zur Förderung von Kompetenzen zur Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen bei Chemielehramtsstudierenden liegt, wird dieser für Schüler*innen entwickelte Kompetenzbereich der Bewertung nicht Gegenstand vertiefter Auseinandersetzungen.

Trotz dieser Ergebnisse, die schon vor längerer Zeit publiziert wurden, lag der Schwerpunkt der Forschung weiterhin auf Perspektiven der Lernenden (dafür stehen stellvertretend: Sadler et al. 2007; Sadler et al., 2004; Sampson et al. 2011; Simonneaux & Simonneaux 2009; Shoulders and Myers, 2013). Studien, die untersuchten, wie Lehrkräfte über die Vermittlung von SSI denken, wie sie SSI bezogene Vermittlungsprozesse gestalten und wie sie Lernende dabei unterstützen, sich in Bezug auf SSI zu engagieren, waren sehr begrenzt (Tidemand & Nielsen, 2017; Evagorou, 2011; Evagorou & Puig Mauriz, 2017; Hancock, Friedrichsen, Kinslow & Sadler, 2019; Evagorou et al., 2020). Zeidler und Sadler (2023) bilanzieren, dass der SSI-Unterricht deshalb ungewohnte Anforderungen an die Lehrenden stellt, weil Themen und Wissen außerhalb ihres unmittelbaren inhaltlichen Fachgebiets zu erschließen sind, wie bspw. ethisch-moralische, politische, wirtschaftliche oder soziokulturelle Fragen (Yakob et al., 2015, Genel & Topcu, 2016; Tidemand & Nielsen, 2017). Gerade Berufsanfänger*innen haben besondere Schwierigkeiten bei der Vermittlung von SSI in ihrem Unterricht, weil sie neben diesen Herausforderungen noch nicht über Routinen im Schulalltag verfügen (Pitiporntapin et al., 2016; Pitiporntapin & Topcu, 2016). Es wird häufig mit Blick auf die Forschung festgestellt, dass Haupthindernis zur Schaffung von SSI bezogenen Lerngelegenheiten der Mangel an Ressourcen und Werkzeugen zur Unterstützung der Arbeit von Lehrenden und Lehrplangestalter*innen sei (Sadler et al., 2006; Ekborg et al., 2013; Sadler et al., 2017; Hancock et al., 2019).

Darüber hinaus sind weitere Aspekte, die Lehrende als Hindernisse nennen, die begrenzte Zeit für Planung und Umsetzung von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen (Ekborg et al. 2013) und die fehlende Unterstützung durch die lokale Bildungsverwaltung (Saunders & Rennie, 2013). Die auf diesen theoretischen Reflexionen aufbauende Interventionsstudie möchte den Chemielehramtsstudierenden in einem geschützten Raum Möglichkeiten bieten, unter fachdidaktischer Begleitung von einer Theorieperspektive aus, Lernarrangements zu konstruieren, in denen Lernende durch handlungsorientierte Lehr-Lern-Prozesse zur begründeten Partizipation an SSI befähigt werden. Durch diese Planungen sollen die angehenden Chemielehrer*innen verschiedene Wege kennenlernen, um eine partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung multiperspektivisch zu verwirklichen. Durch die Einbringung verschiedener Positionen werden unterschiedliche Blickwinkel im Vermittlungsprozess zum Thema. Dies ermöglicht, dass die Lernenden ihre eigenen Überlegungen entwickeln, ohne von vornherein normative Positionen aufgedrängt zu bekommen. Dabei ist es von Wichtigkeit, dass der Unterricht offene Diskussionen explizit fördert, sodass die Lernenden ohne Ängste ihre Ideen austauschen können. Gerade SSI-bezogene Vermittlungsprozesse sollen die Lernenden ermutigen, über die Auswirkungen von SSI nachzudenken und ihre eigenen Standpunkte zu entwickeln, ohne dass vorgegebene Werturteile dominieren.

Wenn Chemielehramtsstudierende in der ersten Ausbildungsphase von der Sinnhaftigkeit und konkreten Möglichkeiten von SSI zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung sensibilisiert, überzeugt und gefördert werden sollen, ist es wichtig, zu reflektieren, wie Lehrende reformorientierte Projekte wahrnehmen und welche Herausforderungen sie sehen können (Chen & Xiao, 2021). Lehramtsstudierende gehen meist von der Schule an die Universität und von dort aus an die Schule zurück, um dann dauerhaft im System Schule zu arbeiten. Dabei ist es häufig anzutreffen, dass sie sich, getreu dem Sprichwort *“teachers teach as they have been taught, not as they have been taught to teach”*, an ihren Lehrenden orientieren. Der Umgang mit Bildungsreformen ist in Schule zu einer „Faktur“ geworden, sie werden aufgrund einer sich verändernden Welt in Wellen politisch beschlossen und in den Schulen umgesetzt, wo von den Lehrenden verlangt wird, dass sie ihre Handlungspraktiken an die neuen Vorgaben anpassen, was sie vor Herausforderungen stellt, in ihnen einen Druck auslöst und sie zu beruflichen (Weiter-) Entwicklungsprozessen zwingt (Borko, 2004). Die Reaktionen der Lehrenden ist hier höchst unterschiedlich und lokal geprägt, es reicht von aktiv, reflektierend bis hin zu passiv oder ablehnend (Crawford, 2000) und es ist oft unklar, was mit den Reformmaßnahmen beabsichtigt worden ist (Spillane et al., 2002). Daher ist es wichtig, dass den angehenden Lehrenden schon im Rahmen ihrer universitären Ausbildung, in der sie mit Bildungsreformen aus einer theoretischen Perspektive besonders konfrontiert sind, vermittelt wird, welche Ziele Bildungsreformen verfolgen, welche Möglichkeiten und Freiheiten aus den konkreten Bildungsreformen, wie bspw. der Kompetenzorientierung, für die individuellen Lehrenden erwachsen. Die Chemielehramtsstudierenden sollen affin gemacht werden, Bildungsreformen wohlwollend wahrzunehmen und diese als Chancen zur Innovation von Vermittlungsprozessen zu nutzen.

Vor dem Hintergrund der zentralen Rolle der Lehrenden bei der Vermittlung von SSI gilt es, die Herausforderungen von Lehrenden in der Konzeption und praktischen Umsetzung zu reflektieren. Denn viele Lehrende werden durch ihre nicht ausreichenden Lehrfähigkeiten in der Konzeption und Umsetzung einer SSI berücksichtigenden naturwissenschaftlichen Grundbildung eingeschränkt. Es berichteten bspw. Lee und Yang (2019), dass Lehrende an vorlesungsbasierten bzw. dozierenden Unterricht gewöhnt seien und deshalb kaum dialogische oder handlungsorientierte Elemente einsetzen würden. Die damit einhergehenden geschlossenen Fragen oder Aktivitäten deuten damit deutlich auf eine Unsicherheit der Lehrenden bei der Übergabe von Kontrolle der Lehrenden hin (Belova & Eilks, 2016; Ekborg et al., 2013; Leden et al., 2017; Lee & Yang, 2019; Vázquez-Bernal et al., 2012). Unsicherheiten und Abneigungen gegen diese handlungsorientierten didaktischen Entscheidungen wurden bei Lehrenden nach einer Studie von Leden et al. (2017) durch Unordnung und durch laute Gespräche der Lernenden untereinander im Klassenzimmer

geweckt. Um jedoch die Lehrenden zu unterstützen, SSI bezogene Vermittlungsprozesse zu konzipieren, überzeugen interventionistische Ansätze (Workshops, Fortbildungsseminare, Seminare in der 1. Phase) in verschiedenen Stadien der Lehrer*innenbildung (Bossér, 2018; Karisan et al., 2016; Chen & Xiao, 2021; Anton & Reiners, 2022a; ebd., 2022b; ebd., 2022c; ebd., 2023; ebd., 2024). Zeidler und Sadler (2023) beschreiben, dass die Frage nach wirksamen Beurteilungsmethoden zur Umsetzung von SSI in die Unterrichtspraxis noch eine Forschungslücke darstellen.

Als Hindernis zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI benennen Lehrende häufig eine unzureichende Wissensbasis sowohl im Hinblick auf naturwissenschaftliche Inhalte als auch im Hinblick auf sozialwissenschaftliche Kenntnisse. In einer schwedischen Studie (Leden et al., 2017) wurde deutlich, dass die Lehrenden selbst Probleme dabei hätten, die soziokulturellen und subjektiven Aspekte der NoS zu verstehen, weshalb sie sich nicht im Stande sehen, diese zu vermitteln. Es gibt jedoch auch Studien, wie die von Herman et al. (2017), die zeigen, dass die Lehrenden selbst der Meinung sind, dass sie über ein ausreichendes Wissen verfügen, dies aber eine Fehlvorstellung ist, weil sie in Wissenstests selbst über viele Fehlvorstellungen verfügen, oder, dass die Lehrenden selbst Schwierigkeiten haben, wissenschaftliche Evidenzen und deren Vorläufigkeiten zur Untermauerung ihrer Argumentationen für eine multiperspektivische Betrachtung reflektiert zu nutzen, was Liu und Roehrig (2019) feststellten.

Um SSI grundlegend im Zuge einer *didaktischen Transformation* beurteilen zu können, braucht es eine Reflexion der fachwissenschaftlichen Grundlagen aus der Fachdisziplin heraus. Da im Chemieunterricht eine naturwissenschaftliche Grundbildung vermittelt werden soll, in der auf Grundlage von chemischem Fachwissen Lernende befähigt werden, sich in der Lebenswelt begründet zu orientieren, gilt bei der Planung aller SSI bezogenen Vermittlungsprozesse das Primat der fachwissenschaftlichen Grundlagen, denn von ihnen gehen alle weiteren Prozesse aus. In einer Studie von Kinskey und Zeidler (2020), in der untersucht worden ist, wie Lehrkräfte ihren SSI-Unterricht zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung verbessern können, wurde unter anderem die Wichtigkeit des Lehrer*innenfachwissens bei der Auswahl von SSI und der Planung von entsprechenden Vermittlungsprozessen herausgestellt. Die Lehrer*innen brauchen dabei spezifische fachliche Grundkenntnisse, die über konkretes fachwissenschaftliches Expertenwissen hinausgehen. Kinskey und Zeidler (2020) haben daraufhin erarbeitet, welche Kenntnisse die Lehrenden zur Auswahl und Planung von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen haben sollten. Für sie brauchen die Lehrenden selbst a) ein grundlegendes Verständnis der Naturwissenschaft, die mit dem SSI zu tun hat, um Lernende im Hinblick auf Zusammenhänge zu unterstützen, b) Kenntnisse moralisch-ethischer Aspekte des SSI, um die moralisch-ethische Wertentwicklung der Lernenden fördern zu

können, c) Kenntnisse im Umgang mit Argumentationen in Diskursen und mit der Aussagekraft von Argumenten, um Diskussionen im Unterricht fördern zu können, d) informierte Ansichten über die NoS, um NoS-Aspekte im Kontext der SSI vermitteln zu können. Kinskey und Zeidler (2020) machen in ihrer Rahmenidee deutlich, dass nicht nur die Lehrenden selbst etwas wissen müssen, sondern auch die SSI für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung geeignet sein müssen: a) das SSI muss wissenschaftlich fundiert sein, b) das SSI muss für die Entwicklung der Lernenden geeignet sein, c) das SSI ist nicht zu persönlich und nicht zu polarisierend, ermöglicht jedoch eine produktive und kontroverse Diskussion, d) bei der Auseinandersetzung mit SSI müssen naturwissenschaftliche Fähigkeiten angewandt werden. Diese erarbeiteten Aspekte zur Vermittlung von SSI lassen die Möglichkeiten zur fachdidaktisch begründeten Operationalisierung außer Acht und beschreiben Zielperspektiven bei Lehrenden, aber keine Wege zu diesen Zielen hin. Dabei ist es vor dem Hintergrund der genannten Herausforderungen in Bezug auf SSI bezogene Vermittlungsprozesse von Interesse, empirisch Wege zur Befähigung von angehenden Lehrenden zu untersuchen. Dabei wird deutlich, dass Lehrende, die Lernende in SSI bezogenen Vermittlungsprozessen anleiten müssen, einerseits über auf SSI anwendbares Fachwissen verfügen müssen. Da an vielerlei Stelle deutlich wurde, dass der Erwerb eines auf SSI anwendbaren Fachwissens eine Herausforderung darstellt, wäre eine Möglichkeit, mit dieser Herausforderung umzugehen, dass angehende Lehrende einen fokussierten Prozess der Aneignung von Wissen zu einem SSI exemplarisch durchlaufen.

2.3 Vermittlungsprozesse planen

Die zentrale Aufgabe von Lehrenden sind Vermittlungsprozesse und deren Planung (Baumert & Kunter, 2006; KMK, 2004/2019; Großmann, Lotz, Mulke & Krüger, 2022; Großmann & Krüger, 2022). Eine Grundlage für Bewertungen im schulischen Bereich sind für Referendar*innen und Lehrer*innen (hier bspw. im Zuge der Revision zur Lebenszeitverbeamtung oder von Beförderungen) sogenannte schriftliche Unterrichtsentwürfe, in denen die getroffenen Planungsentscheidungen begründet werden (Strietholt & Terhart, 2009). Diese *Planungsprodukte* dokumentieren zum einen, wie den Lernenden durch eine gezielte Lehr-Lern-Struktur ein Kompetenzzuwachs ermöglicht werden soll, zum anderen begründen und dokumentieren sie die Planungsentscheidungen für diejenigen, die diese geplanten Vermittlungsprozesse bewerten (Großmann, Lotz et al., 2022). Die Formulierung dieser Unterrichtsentwürfe wird jedoch oftmals aufgrund der Bewertung als große Last empfunden (Großmann & Krüger, 2022; Weingarten, 2019). Die notwendigen Kompetenzen, um Unterricht zu planen, sind dabei keine Frage von Begabung, sondern als solche, wie Plöger

(2008) aufzeigt, erlernbar. Doch wird die Formulierung des Unterrichtsentwurfes deshalb als herausfordernd beschrieben, weil hier die einzelnen Inhaltselemente linear angeordnet werden müssen, der Planungsprozess jedoch, wie Weingarten (2019) und Großmann et al. (2022) schreiben, kapitelübergreifend und nicht linear, sondern zirkulär erfolgt (Vogelsang & Riese, 2017). Karlström und Hamza (2021) beschreiben unter dem Rückgriff auf Tyler (2013) und Klafki (1996a; Klafki, 1996b; Klafki, 1996c; Klafki, 1996d), dass alle Planungsprozesse bei der Formulierung und Begründung des Ziels und der Reflexion der Lernvoraussetzungen der Adressaten starten. Sie führen aus, dass insbesondere die Analyse der Sachstruktur und die Begründung der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen immer auf die Erreichung des Ziels zu beziehen ist. Da die erste Phase der Chemielehrer*innenbildung dabei keine vorgezogene zweite Phase sein soll, planen in diesem Forschungsprojekt die Chemielehramtsstudierenden Lehr-Lern-Prozesse *exemplarisch* in Form von Lernarrangements (vgl. Kap. 2.3.4), um das erworbene Wissen in einer Anforderungssituation anzuwenden und um den Planungsprozess unter Beratungsmöglichkeiten zu verlangsamen.

2.3.1 Klafkis bildungstheoretische Didaktik: Ein inhaltsbezogener Zugang zur Unterrichtsplanung

Im Zuge der Planung von Vermittlungsprozessen wird der Unterrichtsablauf entwickelt und mögliche Herausforderungen antizipiert, dadurch soll ein flexibles Handeln des Lehrenden in einem von Unwägbarkeiten gesäumten Vermittlungsprozess erreicht werden (Stender, Brückmann & Neumann, 2017; Klafki, 1975a; Klafki, 1996d). Diesem Planen liegt ein Begriff zugrunde, der psychologisch geprägt ist, wonach etwas geplant wird, indem

man einzelne Aktionen auf ihre Konsequenzen hin untersucht, Einzelaktionen probeweise zu Ketten zusammenfügt, um dann die Konsequenzen solcher Aktionsketten zu untersuchen (Dörner, 2011, S. 236).

Planen impliziert daher ein Abwägen verschiedener und möglicher Alternativen (Kiper & Mischke, 2006). Schon 1958 hat Klafki in seinem Aufsatz „Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung“ (Klafki, 1975a) die Unterrichtsvorbereitung als „eine jener Aufgaben des praktischen Schulmannes, in denen die Grundprobleme der Schulpädagogik wie in einem Brennpunkt zusammentreffen“ (Klafki, 1975a, S. 126) betitelt. Seine didaktische Analyse stellt fünf Grundfragen (Klafki, 1975a), die jeweils in weitere Teilfragen differenzierbar sind: 1. *Exemplarische Bedeutung*, 2. *Gegenwartsbedeutung*, 3. *Zukunftsbedeutung*, 4. *Thematische Struktur*, 5. *Zugänglichkeit*. Dabei stehen die ersten drei Fragen für den Begründungszusammenhang zur Vermittlung des Themas. Grundlegend ist hier die Auseinandersetzung mit der Bildungsbedeutung, also der Frage, weshalb dieser Inhalt

von einer Theorieebene aus gesehen bildungsrelevant ist. Erst dann folgen darauf aufbauend Überlegungen zum fachlichen Hintergrund und der Zugänglichkeit. Diese Fragen erweiterte er später zum „(vorläufigen) Perspektivenschema zur Unterrichtsplanung“ (Klafki, 1996d, S. 272): *um 1. Erweis- und Überprüfbarkeit, um 2. die Lehr-Lern-Prozessstruktur und um 3. die Analyse der Lernausgangslage der Lerngruppe*. Hier erhalten die Bedingungen der Lerngruppe und die Lernprozesse eine stärkere Berücksichtigung, wodurch diese erweiterte didaktische Analyse für die Lehrenden im Alltag praktisch anwendbarer wurde und nun auch den Besonderheiten der konkreten Lernenden mehr Bedeutung für die Planung schenkte. Der Erziehungswissenschaftler Terhart (2009a) betrachtet die Offenheit der bildungstheoretischen Didaktik als großen Vorteil gegenüber anderen Ansätzen, weil sie dadurch adaptiv und flexibel einsetzbar und im Lehrer*innenalltag anwendbar ist. Ebenso ist für ihn ein Vorteil dieser Didaktik, dass der Sinn von Bildung auf die Lebenswelt bezogen wird, was sich besonders eignet, wenn SSI als epochaltypische Schlüsselprobleme Thema von Vermittlungsprozessen sein sollen. Terhart bilanziert dies wie folgt:

Die Stärke dieses Ansatzes liegt nach wie vor in seiner grundlegenden Option für Bildung als zentrierende und orientierende Kategorie. Dadurch wird nicht nur eine Sinnstiftung für Unterricht generell möglich; vielmehr wird über den Bildungsbegriff der Unterricht sowohl mit der Entwicklung des Einzelnen wie mit der Weiterentwicklung von Kultur und Gesellschaft verbunden. Sofern man den Kultur- und Sinnbezug von Schule, Unterricht und Lehrerhandeln in den Mittelpunkt stellt, wird m. E. jede anspruchsvolle Allgemeine Didaktik unausweichlich ‚bildungstheoretisch‘ sein müssen (Terhart, 2009a, S. 17).

Klafki (1996d) stellt in seiner Neufassung klar, dass dieses Planungsschema vorläufig in dem Sinne ist, dass es weder einen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt noch als linearen Planungsvorgang zu begreifen ist. Die Grundfragen bzw. das Perspektivenschema Klafkis (1996d) stellen einen *bildungstheoretischen Zugang zur Planung von Vermittlungsprozessen* dar, die prägend für viele Lehrende in ihrer Lehramtsausbildung waren und noch sind. Gleichwohl gibt es, gerade in den Naturwissenschaftsdidaktiken, auch weitere Rahmenkonzeptionen, wie das lehr-lerntheoretische Strukturmodell der Berliner Schule (Heimann, Otto & Schulz, 1976), Ansätze der Ermöglichungsdidaktik (Arnold & Gómez Tutor, 2007) oder den Ansatz der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek., 1997). Diese verschiedenen Ansätze der Unterrichtsplanung haben damit das Ziel, dass Lehrende im Vorfeld des Unterrichts Maßnahmen reflektieren, um zukünftig stattfindende Lehr-Lern-Prozesse zu optimieren (Sandfuchs, 2009). In dieser Arbeit wird besonders auf die bildungstheoretische Didaktik Klafkis rekuriert, weil durch sie die Lernenden durch Emanzipation zu eigenständigen, selbstständigen und mitbestimmenden Subjekten werden sollen (Klafki,

1983; Kiel & Weiß, 2015) und in der didaktischen Analyse die Begründungszusammenhänge handlungsleitend für die Planung der Vermittlungsprozesse sind (Klafki, 1996d; Wiater, 2009), was gerade bei SSI besonders relevant ist. Die konkreten Methoden, Klafki (1996d) nennt dies Lehr-Lern-Prozessstruktur, die im Lernprozess verwendet werden, sind Teil der didaktischen Analyse und stellen eine Dimension des Inhalts dar (Heimann, 1976). Dabei sind die Methoden Wege (Bönsch, 1997) um bestimmte Ziele, die didaktisch begründet worden sind, zu erreichen,

und ob ein Weg richtig oder falsch, angemessen oder unangemessen ist, das richtet sich eben danach, ob er zum Ziel führt (...) Methoden können nur entworfen und bewertet werden, wenn didaktische Vorentscheidungen gefallen sind, und umgekehrt: jeder methodische Entwurf schließt immer schon – bewußt oder unbewußt – didaktische Voraussetzungen ein (Klafki, 1975b, S. 86).

Anhand dieses Klafki-Zitats soll deutlich werden, dass Methoden keinesfalls abgewertet werden, sie sind Teil eines didaktische Begründungszusammenhangs, können jedoch nicht alle didaktischen Aspekte abbilden. Methoden sind dabei als Schritte der Vermittlung als eine Art Werkzeug zu verstehen, um die in der didaktischen Analyse gesetzten Ziele zu erreichen (Kiper & Mischke, 2006). Da diese Arbeit das Ziel verfolgt, angehende Chemielehrer*innen schon in der ersten Phase der Lehrer*innenbildung zur Planung von SSI-bezogenen Vermittlungsprozessen anzuleiten, kann durch die bildungstheoretische Didaktik Klafkis ein inhaltsbezogener Zugang als erstes Angebot zum Kompetenzauf- und -ausbau dargestellt werden.

2.3.2 Ziele: Die Fundamente einer Planung

In verschiedenen Studien (Haas, 2005; Tebrügge, 2001; Morina-Dersheimer, 1979; Bakenhus, Wernke & Zierer, 2017), in denen Planungsprodukte von Lehrenden untersucht worden sind, werden Ziele des Vermittlungsprozesses selbst selten bis gar nicht ausformuliert, in Teilen werden die Ziele unter Bezugnahme auf Curricula und Vorgaben auf die gesamte Unterrichtsreihe bezogen. Dies zeigt, dass es für die Lehrpersonen herausfordernd ist, die Ziele der Vermittlungsprozesse zu formulieren. Peterßen (2006) schreibt dazu: „Am Ende (...) steht die Formulierung des Lernziels. Viele Lehrer haben eine große Scheu vor Formulierungen, vor allem vor präzisen Formulierungen“ (Peterßen, 2006, S. 118). Dies hebt vor dem Hintergrund der Wichtigkeit der Ziele in der bildungstheoretischen Didaktik hervor, dass angehende Chemielehramtsstudierende in Bezug auf das Formulieren von Zielen explizite und konkrete Lernangebote erhalten sollten. Kakoschke (2018) argumentiert, dass Ziele „und ihre Erreichbarkeit sowie ihre Überprüfbarkeit leitend für die Unterrichtsplanung, Durchführung und Reflexion“ (Kakoschke, 2018, S. 305) sind, denn, „wenn man

nicht genau weiß, wohin man will, landet man leicht da, wo man gar nicht hin wollte“ (Mager, 1977, S. 5).

In der Entwicklungsgeschichte der Erziehungswissenschaften und der Fachdidaktiken entstanden verschieden akzentuierte Festlegungen und Ansätze zu (Lern-) Zielen für konkrete Vermittlungsprozesse. In Summe kann als akzeptiert angesehen werden, dass ein gutes Ziel konkret formuliert ist, wenn es sich auf eine *konkret beobachtbare Handlung bezieht*, eine *Inhalts- mit einer Verhaltenskomponente verknüpft*, die Bildungsbedeutung zumindest impliziert reflektiert und in Summe auf eine Erweiterung ausgewählter Kompetenzen abzielt (Meyer, 1976; Peterßen, 2006; Velica, 2010; Reiners, 2022). Ziele sind daher Instrumente zur Planung von Vermittlungsprozessen. Sie sind Instrumente zur Kontrolle von Lernprozessen, denn sie ermöglichen zu beurteilen, wann ein Lernschritt abgeschlossen ist und der Unterricht sich dem nächsten Schritt zuwenden kann. Zusätzlich sind sie die Grundlage für Diagnose- und Bewertungsprozesse (Mager, 1977; Reiners, 2022). Die anfänglich starke Orientierung an Lernzielen fokussierte auf eine behavioristische Verhaltensänderung bei den Lernenden (Meyer, 1976), denn hier war ein Lernziel eine „sprachlich artikuliert Vorstellung über die durch Unterricht (oder andere Lehrveranstaltungen) zu bewirkende gewünschte Verhaltensänderung eines Lernenden“ (Meyer, 1976, S. 21). Doch merkt Meyer (1976) selbst kritisch an, dass die Beobachtbarkeit der Verhaltensänderung aufgrund psychologischer Erkenntnisse nicht zwangsläufig gegeben sei. Daher werde besser von Verhaltensdisposition gesprochen, bei der es sich um die Annahme handelt, dass „bestimmte charakteristische Züge und Regelmäßigkeiten [im Verhalten, Anm. d. Verf.] auf eine Disposition zurückzuführen seien“ (Meyer, 1976, S. 30), sodass Veränderungen nicht zwangsläufig beobachtbar sind.

Blooms Lernzieltaxonomie (Bloom et al., 1976) ermöglicht den Lehrenden bei der Unterrichtsplanung einzuschätzen, auf welcher Ebene die formulierten Ziele einzuordnen sind, er unterscheidet kognitive (Wissen), affektive (Einstellungen, Werte, Interessen) und psychomotorische (motorische Fertigkeiten) Ziele voneinander. Vor dem Hintergrund der Kompetenzorientierung haben *Ziele* eine andere Wertigkeit, denn die jeweilige Kompetenz zeigt sich in der erfolgreichen *Bewältigung von Anforderungssituationen*, wohingegen Lernziele nur ein konkretes Verhalten beschrieben. Lersch und Schreder (2013) kommentieren dazu Folgendes:

Trotzdem „geistert“ der Begriff des Lernziels – losgelöst von seinem ursprünglichen Verwendungszusammenhang – immer noch in Unterrichtsplanungskonzepten und vor allem im Kontext der Lehrerbildung herum¹⁹ (Fußnote 19: Dies ist möglicherweise auch dem Umstand geschuldet, dass vor allem in der 2. Phase der Lehrerbildung jene oben angesprochene Generation entsprechend sozialisierter Lehrer(innen) stark vertreten ist.);

besser wäre es schon lange, einfach von „Zielen“ zu sprechen (Lersch & Schreder, 2013, S. 26).

In ihrer Kommentierung machen Lersch und Schreder (2013) auf den Aspekt aufmerksam, dass eine *Reformation des Schulsystems* zeitlich verzögert einsetzt und der (fach-) didaktischen Begleitung bedarf, gerade die in das Zitat eingeklammerte Fußnote 19 unterstreicht, dass Lernprozesse zur Gestaltung von Vermittlungsprozessen nicht mit Absolvierung des 2. Staatsexamens enden. Die konkreten Ziele im Chemieunterricht beziehen sich auf die zu erreichenden Kompetenzen, die in den Curricula vorgegeben sind. Da dem Kompetenzbegriff eine Handlungsdimension zugrunde liegt, die auf die Anwendung des Wissens „außerhalb des Klassenzimmers“ (Reiners, 2022, S. 87) abzielt, können durch gezielte Lernprozesse Kompetenzen wohl angebahnt, aber nicht abschließend geprüft werden. Daher fokussieren sich Ziele weiterhin auf Inhalts- und Verhaltensdimensionen, jedoch mit dem Blick auf mögliche Kompetenzen und deren Bildungsbeitrag für eine naturwissenschaftliche Grundbildung. Hierin zeigt sich die Ambivalenz des Kompetenzbegriffs, der sowohl auf Dispositionen wie eine naturwissenschaftliche Grundbildung abzielt, als auch auf konkret beobachtbares Können in Form von Performanz (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015).

Es gibt verschiedene Ansätze zur Formulierung von Zielen (Bloom et al., 1976; Meyer, 1976; Peterßen, 2006; Kakoschke, 2018), die jedoch verschiedene Aspekte unterschiedlich stark priorisieren. Da die konkrete Formulierung von Zielen als Herausforderung benannt wurde, soll das aus der Wirtschaft und Unternehmensberatung stammende Konzept der SMART-Kriterien (Lazarus, 2004; Jung, 2007) angehende Lehrende dabei unterstützen, mess- und überprüfbare Ziele zu formulieren und zu begründen. Diese Kriterien bieten daneben auch Möglichkeiten, bestehende Ziele zu analysieren. Dabei stehen die *SMART-Kriterien* als Akronym in Bezug auf Zielformulierungen für spezifische (**s**pecific), messbare (**m**asurable), erreichbare (**a**chievable), realistische (**r**ealistic) und terminierte (**t**ime-bound) Ziele (Lersch & Schreder, 2013). Besonders wenn es sich um offene und schüler*innenzentrierte Lehr-Lernprozesse handelt, ist es sinnvoll, die Ziele entsprechend dieser Kriterien zu formulieren und auch mit den Lernenden darüber zu sprechen (Sperling, 2009).

2.3.3 Anforderungssituationen im kompetenzorientierten Unterricht: Können unter Beweis stellen

Im kompetenzorientierten Unterricht wird den Lernenden ein Lernangebot gemacht, wodurch sie im Idealfall, aber nicht notwendigerweise, die Ziele handelnd erreichen können (Helmke, 2009). Hier haben *Anforderungssituationen* einen besonders hohen Stellenwert, weil in diesen die Lernenden aufgefordert werden, ihr erlerntes Wissen handelnd zu zeigen (Lersch, 2007; Lersch, 2010a; Bruder,

2008). Dies zeigt Lersch (2007; 2010a) in seiner Systematisierung kompetenzorientierten Unterrichts daran, dass die Lehrenden nicht nur, wie im herkömmlichen Unterricht, Wissen vermitteln und deklarativ abfragen, sondern Anforderungssituationen schaffen, in denen die Lernenden ihr Wissen anwenden können. Hervorzuheben ist die Rolle der Lernenden, die eine aktive ist, denn insofern

sind also nicht nur die Lehrerinnen und Lehrer gefordert durch das Arrangieren entsprechender Lerngelegenheiten, sondern auch die Schülerinnen und Schüler als aktive ‚Nutzer‘ dieser Angebote (Lersch & Schreder, 2013, S. 40).

Die Kompetenz der Lernenden zeigt sich in diesem Modell daran, inwiefern die Lernenden die Anforderungssituationen bewältigen können (Lersch, 2010b, S. 35). In diesem Modell wird deutlich, dass daher die Kompetenz selbst nicht gemessen, sondern nur auf sie „rückgeschlossen“ (Lersch, 2010b, S. 35) werden kann (Blömeke et al., 2015). Dieses Modell von kompetenzorientiertem Unterricht fokussiert das fachliche Wissen ebenso wie seine Verwendungszusammenhänge, was in der Summe nach Reusser (2014) eine Fokussierung mehr auf *Könnensziele* denn auf Stoffziele darstelle. Reusser (2014) spitzt diese These wie folgt zu:

Es gibt kein anspruchsvolles Können, das nicht auf (mehr oder weniger bewusstseinsfähigen) Formen des Wissens basiert. Allerdings muss die Wissensbildung über die Elementarstufe des Einprägens und Reproduzierens hinausgehen, was in Schulen nicht immer in genügendem Ausmaß der Fall ist (Reusser, 2014, S. 327 f.).

Im Modell von Lersch (2007; 2010a; 2010b) muss den Lernenden ein *Angebot* gemacht werden, um ihr Können zu zeigen. SSI sind als gesellschaftliche Probleme aufgrund ihrer Struktur, die aktuell, relevant, kontrovers und unstrukturiert ist, ein optimaler Gegenstand für das Arrangieren von Anforderungssituationen, denn hier können die Lernenden an einem Gegenstand aus der Lebenswelt situiert *ihr Können ausbauen und als Performanz lösungsorientiert unter Beweis stellen*.

Anforderungssituationen haben für die Lernenden einen appellatorischen und aktivierenden Charakter (May, 2011; Lersch, 2007), denn sie werden aufgefordert, ihre Kompetenzen in Bezug auf eine konkrete Bewältigung von Anforderungen zu zeigen (Blömeke et al., 2015). Ihre Kompetenz ist hier als Performanz beobachtbar, denn Performanz ist das, was „Menschen mithilfe ihrer Kompetenzen zustande bringen“ (Meyer, 2007, S. 147). Aufgrund dieser Zusammenhänge lässt sich ableiten, dass „sich ein kompetenzfördernder Unterricht auf die Bearbeitung von Anforderungssituationen“ (May, 2011, S. 126) zu richten hat.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Anforderungssituationen an Subjekte verschiedene Formen annehmen können und sich diese nicht nur auf den Unterricht beschränken. Im Unterricht stellen Aufgaben die zentrale Art von Anforderungssituation für Lernende zum Erwerb von Kompetenzen dar. Baumert et al. (2010) argumentieren, dass Aufgaben und damit einhergehende Aktivitäten der Lernenden die innere Logik des Unterrichts bestimmen, weshalb Planungsprozesse auf sie zu fokussieren sind. Aufgaben sind daher als komplex anzusehen, da sie zum einen „mehrere Wissensarten und verschiedene kognitive Fertigkeiten“ (König, Buchholtz & Dohmen, 2015, S. 380) erfordern, zum anderen auch motivationale Aspekte berühren (Weinert, 2001). Im Zuge der Begründung der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen wird jedoch oftmals kein besonderes Augenmerk auf die Aufgaben gelegt (Kleinknecht, Bohl, Maier & Metz, 2011; Kang, Windschitl, Stroupe & Thompson, 2016; Großmann & Krüger, 2022). Weil Aufgaben als Teil des Lehr-Lern-Materials einen Einfluss auf die Aktivitäten der Lernenden haben, sollte ihnen ein besonderes Augenmerk zukommen (Helmke, 2009). Darüber hinaus ist es im Zuge der Kompetenzorientierung notwendig, eine neue Aufgabekultur zu manifestieren, „die es ermöglicht, Wissens- und Handlungsdimensionen miteinander zu verbinden“ (Reiners, 2022, S. 86). Die Qualität des Lehr-Lern-Materials ist jedoch abhängig von den Kompetenzen der Lehrenden. Daher ist eine Verbesserung von Unterricht über den Eintrittspfad der ersten Phase der Lehrer*innenbildung besonders sinnvoll, weil die angehenden Lehrer*innen hier verschiedene Möglichkeiten zur Gestaltung kennenlernen, analysieren und reflektieren lernen können.

Aufgaben leiten die Lernenden durch die Vermittlungsprozesse und fordern ihre Kompetenzen heraus. Bei ihrer Formulierung während der Planung kann bspw. auf die sogenannte *ICAP-Hypothese* von Chi (2009; Chi & Wylie, 2014; Chi et al., 2017) Bezug genommen werden. Die sogenannte ICAP-Hypothese besagt, dass sich die Lernenden in dem Maße, in dem sie sich mit dem Lernmaterial beschäftigen, von passiv über aktiv und konstruktiv bis hin zu interaktiv, ihr Lernerfolg zunehmen (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014; Chi et al., 2017). Diese unterscheidet dabei vier hierarchisch aufsteigende Dimensionen voneinander: *passiv* (bspw. Zuhören eines Vortrags), *aktiv* (bspw. etwas in einem Text unterstreichen), *konstruktiv* (bspw. etwas in eigenen Worten erklären) und *interaktiv* (wenn Lernende miteinander und konstruktiv ein Problem analysieren und Lösungsvorschläge entwickeln). Dabei wird bei konstruktiven und interaktiven Aktivitäten von einer höheren kognitiven Anforderung ausgegangen, wodurch ein tieferes Verständnis des Inhalts erreicht werden soll (Chi & Wylie, 2014; Klieme et al., 2009; Kramer et al., 2019). Es handelt sich dabei nicht nur um eine normative Aussage, sondern es sind überzeugende empirische Belege angeführt worden (Menekse & Chi, 2019; Menekse, Stump, Krause & Chi, 2013; Bauer & Koedinger, 2007; Vosniadou et al.,

2023). Dabei wurden in den empirischen Untersuchungen dieselbe Aktivität in verschiedenen Engagementformen verglichen, bspw. durch die Diskussion von Ursache-Wirkungs-Beziehungen im Vergleich zu einem Lehrendenvortrag (Vosniadou et al., 2023; Chi et al., 2017; Hendricks, 2001). Das Modell „verbindet sichtbare Aktivitäten mit unterschiedlichen Stufen an kognitiver Involviertheit“ (Kramer et al., 2019, S. 134), was unterschiedliche Lernerfolge erklärbar macht. Vosniadou und Kolleg*innen (2023) argumentieren, dass die empirisch fundierten Informationen zur Gestaltung von Aktivitäten als Leitfaden für Interventionen in der Lehrer*innenbildung genutzt werden können, einerseits zur Konstruktion von kognitiv anfordernden Aufgaben, andererseits zur Analyse und Reflexion von Unterricht unter Fokussierung auf Aufgabenstellungen. Die sogenannte ICAP-Hypothese ist auch in Bezug auf die Formulierung von Arbeitsaufträgen in SSI-bezogenen Vermittlungsprozessen vielversprechend, denn hier wird die in Bezug auf demokratische Entscheidungsprozesse obligatorische diskursive und gemeinschaftliche Problemlösung auch noch aus lernpsychologischer Sicht als besonders zuträglich für Lernerfolg eingeschätzt. Dieser Ansatz kann demnach in der Lehrer*innenbildung angewendet werden, um angehende Lehrer*innen von dem Mythos befreien, dass die Vermittlung von Wissen am besten dadurch erreicht wird, dass den Lernenden Vorträge gehalten werden und jene dabei passiv zuhören und im Nachgang den Inhalt reproduzieren können (Vosniadou et al., 2023).

Um Vermittlungsprozesse mit Aufgaben effektiv gestalten zu können, bedarf es der Reflexion der Zugangs- und Darstellungsmöglichkeiten, wie es Klafki (1996d) nennt. Dabei handelt es sich u. a. um Medien, die als Gegenstände im Unterricht eingesetzt werden, um die in ihnen gespeicherten Informationen zu bearbeiten und auszuwerten (Beyer, 2008). Der (Fach-) Didaktiker Leisen (2014) spricht hier von materialer Gestaltung, hier setzen sich die Lernenden mit Material auseinander, „indem sie Aufgabenstellungen bearbeiten, Informationen auswerten, sich mit den fachlichen Inhalten auseinandersetzen und dabei Kompetenzen entwickeln“ (Leisen, 2014, S. 111). Gegenstände sind im Chemieunterricht traditionell Modelle, Symbole, Filme, Arbeitsblätter, Methodenwerkzeuge, Literatur, Lehrbücher und Experimente (Wambach & Wambach-Laicher, 2018, S. 345), besonders wenn SSI im Chemieunterricht thematisiert werden, sind Medienerzeugnisse aus der Lebenswelt, wie Zeitungsartikel, besonders relevant.

2.3.4 Lernarrangements als didaktisches Werkzeug begreifen: Angehende Chemielehrer*innen auf eine kompetenzorientierte Unterrichtspraxis vorbereiten

Erstaunlich ist, dass es wenige empirische Untersuchungen zur Planung von Vermittlungsprozessen gibt und kein allgemeindidaktisches Planungskompetenzmodell vorliegt (Werner, Wernke &

Zierer, 2017; Rothland, 2022), obwohl dieses Desiderat benannt wurde (Weingarten, 2019; Zaragoza, Seidel & Hiebert, 2021; Großmann & Krüger, 2022). Brookhart (2018) schlägt vor, dass Kriterien induktiv aus authentischen Planungsprodukten abgeleitet werden sollten. In dieser Studie sollen die von den Proband*innen konzipierten Planungsprodukte deduktiv analysiert werden, denn hier stehen nicht Vermittlungsprozesse im Allgemeinen, sondern SSI-bezogene Vermittlungsprozesse im Fokus. Diesbezüglich werden Kriterien auf Grundlage der vorhergehenden theoretischen Reflexionen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung unter Verwendung von SSI abgeleitet und für die empirische Untersuchung operationalisiert. Ebenso schlagen Schröder et al. (2020) vor, dass es aufbauend auf diese Kriterien, wie sie auch aussehen mögen, Instrumente braucht, mit denen die Planungsprodukte eingeschätzt werden können.

Im Rahmen dieser Studie, die sich mit der ersten Phase der Chemielehrer*innenbildung beschäftigt, sollen die angehenden Chemielehrer*innen Angebote gemacht bekommen, SSI-bezogene Vermittlungsprozesse unter fachdidaktischer Begleitung von einer Theorieperspektive aus zu konstruieren. Diese Lernangebote sind zugleich auch Erhebungsinstrumente zur Frage, inwiefern die angehenden Chemielehrer*innen in der Lage sind, Vermittlungsprozesse für eine SSI-bezogene naturwissenschaftliche Grundbildung zu begründen. Dabei sollen die Chemielehramtsstudierenden diese seminarbegleitend planen. Andere Studien (etwa Seiler (2021)) erfassen Planungskompetenzen in Form von zeitlich begrenzten Testsituationen. Die anschließende qualitative Planungsproduktanalyse soll den von Schröder et al. (2020) geforderten Bedarf an Erhebungs- und Auswertungsinstrumenten decken, jedoch nicht auf einer allgemein-übergeordneten Ebene, sondern konkret bezogen auf SSI. Gleichwohl können aus dieser konkreten auf SSI bezogenen Analyse Schlussfolgerungen für allgemeine Aspekte gezogen werden. Darüber hinaus gilt es, da diese Planungen im Kontext eines fachdidaktischen Seminars entstanden sind, sie als Aufgabenartefakt zu kennzeichnen und deren spezifische Ausrichtung auf SSI hervorzuheben, weshalb deren Aussagekraft im Hinblick auf allgemeine Aussagen nur in begrenztem Maße gegeben ist (Seel, 2011). Dennoch ist hier das Argument von Causton-Theoharis, Theoharis und Trezek (2008) anzubringen, wonach die Thematisierung von Unterrichtsplanungsprozessen zentrale Punkte der Lehrer*innenbildung sind, weil hier angehende Pädagog*innen lernen, Theorie und Praxis zu verknüpfen:

It is at this point when we are, in essence, teaching future educators how to think about the relationship between educational theories, lesson planning, instructional strategies, students and learning (Causton-Theoharis et al., 2008, S. 383).

Saunders und Rennie (2013) stellten fest, dass die jüngsten internationalen Reformen im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung zwar ein Verständnis für die Vermittlung von SSI anerkennen und fordern, aber die Chemielehrer*innen selbst auf die damit einhergehenden Implikationen und Veränderungen ihres Unterrichts nur schlecht vorbereitet sind. Chemielehrer*innen müssen geschult werden, um SSI effektiv in ihren Unterricht integrieren zu können (Sadler, 2004; Tide-
mand & Nielsen, 2017; Herman, Feldmann & Vernaza-Hernandez, 2017; Chen & Xiao, 2021; Ralfolt, 2021). Die Schulreform der Kompetenzorientierung (Lersch & Schredder, 2013) verzichtet im Vergleich zur Lernzielorientierung auf die Vorgabe von konkreten Instruktionen zur Gestaltung von Vermittlungsprozessen, sondern ist in Bezug auf die Gestaltung sehr offen. Lersch und Schreder (2013) erörtern dies wie folgt:

Denn bei genauerem Hinsehen müssen die Lehrerinnen und Lehrer heute Ähnliches leisten, was seinerzeit hochkarätig besetzte Curriculum-Kommissionen gemacht haben: nämlich von den Qualifikationszielen (heute: Bildungsstandards) her die Inhalte bestimmen, an denen das entsprechende adäquate Verhalten (heute: Kompetenzen) erworben werden kann, um schließlich diesen Erwerbsprozess in ein passendes Unterrichtskonzept zu transformieren (Lersch & Schreder, 2013, S. 29).

Offenheit muss jedoch schon innerhalb der Professionalisierung der angehenden Lehrenden an der Hochschule eine Grundlage in einem breiten Angebot an didaktischen Möglichkeiten haben. Dieses Angebot muss im Rahmen der Professionalisierung analysiert, erprobt und reflektiert werden können, damit die angehenden Lehrenden ein Fundament haben, um offenen, kompetenzorientierten Unterricht zu gestalten. Es ist diesbezüglich anzuführen, dass gemäß den Vorgaben der KMK zu den ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und die Fachdidaktik in der Lehrer*innenbildung (KMK, 2008/2019) den Chemielehramtsstudierenden Angebote zum Kompetenzaufbau bezogen auf Möglichkeiten zur Gestaltung von Lernarrangements zu machen sind, damit sie

auf Grundlage ihres Fachwissens Unterrichtskonzepte und -medien fachlich gestalten, inhaltlich bewerten (...) und neue Themen adressatengerecht in den Unterricht einbringen (KMK, 2008/2019, S. 24)

können. Wie Großmann und Krüger (2022) beschreiben, sind diesbezügliche naturwissenschafts-
didaktische Forschungen, besonders qualitativer Natur, selten. Forschung auf diesem Gebiet ist häufig eher allgemeindidaktisch-erziehungswissenschaftlich und quantitativ geprägt (König, Buchholtz & Dohmen, 2015). Auch sind in den letzten Jahren in Bezug auf das Professionswissen (d. h.

Zusammenhänge von fachlichem, fachdidaktischem und erziehungswissenschaftlichem Wissen; (Shulman, 1986)) von Lehrenden verschiedene Forschungsprojekte zur Prüfung der Wirksamkeit des Lehramtsstudiums durchgeführt worden (bspw.: Tepner et al., 2012; Großschedl et al., 2014), jedoch nicht zu Kompetenzen zur Planung von Vermittlungsprozessen (Schröder et al., 2020).

Unter der Prämisse, das Lernen und die damit einhergehenden Prozesse der Lernenden in den Mittelpunkt von Vermittlungsprozessen zu stellen, kann Unterricht nach Kiper und Mischke (2006) als zielführende Abfolge von Lernarrangements verstanden werden. Sie beziehen sich dabei auf Bönsch (1997), für den ein *Lernarrangement* „der je unterschiedlich strukturierte Zusammenhang von Problemstellung, Informationsbereitstellung, Medienangebot und Lernberatung“ (Bönsch, 1997, S. 145) ist. Demzufolge wird deutlich, dass im Vermittlungsprozess inhaltliche, soziale und didaktische Aspekte gleichzeitig relevant werden. Lehrende haben dabei im Vorhinein zum konkreten Vermittlungsprozess die Inhalte vor dem Hintergrund des Ziels und der intendierten Zielkompetenzen zu transformieren. Diese Planung ist keinesfalls trivial und geht, wie auch bei Klafki, vom Ziel aus hin zu Überlegungen zur Gestaltung der Lehr-Lernsituationen durch die Erstellung der materialen Lernumgebung. Dabei wird durch die Konstruktion des Lernarrangements in dieser Studie das Ziel verfolgt, dass die Lernenden durch Lebensweltbezüge ihr Wissen aktiv, kreativ, miteinander und in situativen Kontexten variabel anwenden lernen (Weinert, 2001).

Im Lernarrangementansatz von Kiper und Mischke (2006) stehen in allen Planungsschritten zum einen die durch Lernprozesse zu erreichenden Endkompetenzen im Fokus, zum anderen priorisiert dieser didaktische Ansatz auch die Reflexion der Lernwege hin zu den festgelegten Endkompetenzen. Gleichwohl können Aspekte der bildungstheoretischen Didaktik den Studierenden bei der Planung ihrer Lernarrangements eine Hilfe sein, denn auch bei Lernarrangements muss eine didaktische Transformation der fachlichen Hintergründe mit Blick auf das kompetenzorientierte Ziel stattfinden. Dabei stellen Kiper und Mischke (2006) heraus, dass in diesem Ansatz soziale und stoffbezogene Lernsituationen „gleichzeitig zu reflektieren und in angemessener Balance zu halten“ (Kiper & Mischke, 2006, S. 79) sind. Diese Berücksichtigung sozialer Aspekte ist aus partizipationsorientierter Sicht sinnvoll, sodass die Lehrenden berücksichtigen müssen, dass die Lernenden sich nicht nur fachlich mit SSI bezogenen Partizipationsprozessen auseinandersetzen, sondern auch sozial durch diskursive Interaktionen. Dieser Aspekt kann als Verwirklichung eines „pädagogischen Doppeldeckers“ (Wahl, 2006) bezeichnet werden, denn hier können die Lernenden den Gegenstand, mit dem sie sich inhaltlich auseinandersetzen, auch gleichzeitig real erleben. Die von den Lehrenden konstruierten Lernangebote „in Form von Materialien, Lernaufgaben, Methoden,

Medien“ (Kiper & Mischke, 2006, S. 83) enthalten zeitlich begrenzte Prüf- und Kontrollaufgaben zur Messung der Lernfortschritte und dabei sind

solche Unterrichtsmethoden zu wählen, die passend zum Inhalt und zum intendierten Lernprozess sind, den Unterricht dramaturgisch interessant zu gestalten und die notwendigen Interaktionen zu berücksichtigen (Kiper & Mischke, 2006, S. 91).

Vor dem Hintergrund der geschilderten Erkenntnisse von Kiper und Mischke (2006) sowie der weiteren ((bildungs-) theoretischen) Reflexionen ist die Definition des Begriffs des Lernarrangements von Bönsch (1997) für diese Studie wie folgt verändert worden:

Lernarrangements sollen den Lernenden aufgrund von unterschiedlich strukturierten und lebensnahen Problemstellungen Wege zur Erreichung von festgelegten kompetenzorientierten Zielen fachdidaktisch-methodisch begründet vielfältig mithilfe von Materialien, Medien und Aufgabenstellungen in verschiedenen Arbeits- und Sozialformen ermöglichen.

Durch diese Definition werden Lernende und ihre Lernprozesse ins Zentrum der Planung der Vermittlungsprozesse gestellt und SSI als komplexe Gegenstände aus der Lebenswelt als Bildungsinhalt möglich. In dieser Art von Lernarrangements sind die Ziele handlungsleitend für die Planung, Durchführung und Reflexion der Vermittlungsprozesse. Die Konstruktion von Lernarrangements in der ersten Phase der Lehrer*innenbildung soll die Studierenden auf ihre zukünftigen Aufgaben derart vorbereiten, sodass Wissen aus Fachwissenschaften, Fachdidaktiken und Bildungswissenschaften vereint werden müssen, um die Lernarrangements adäquat zu planen. Dabei sind solcherlei didaktische Konstruktionen nicht kochrezeptartig zu ermöglichen, sondern bleiben „eine subjektive Leistung des Einzelnen“ (Eysel, 2006, S. 30).

Damit angehende Chemielehrer*innen schon in der ersten Ausbildungsphase mit der Planung von Vermittlungsprozessen fachbezogen und konkret in Kontakt kommen, eignen sich Lernarrangements, weil ihre Struktur offener ist als die einer Unterrichtsstunde, aber nicht gleich eine ganze Unterrichtsreihe umfassen muss. Auch wird durch die Begrifflichkeit „Lernarrangement“ der Begriff des Unterrichtsentwurfs vermieden, da hier die Begründung von zielbezogenen Vermittlungsprozessen anhand von SSI im Fokus steht, und er ist selbst offener, weil der Begriff des Unterrichtsentwurfs, bspw. zeitlich, wesentlich enger gefasst ist. Die im Projekt entworfenen Lernarrangements sind dabei ohne eine konkrete Lerngruppe geplant und ermöglichen den Chemielehramtsstudierenden ihre didaktischen Ideen zu erproben. Darüber hinaus können die entwickelten, eigenen Lernarrangements und die der Kommiliton*innen in zukünftigen Unterrichtsentwürfen als

Anregung oder Materialkorpus hinzugezogen werden. Die Lernarrangements müssen dabei nicht zwingend den Anforderungen von Unterrichtsentwürfen im Referendariat (o. Ä.) entsprechen, sie sind eine Einladung zu ersten Schritten zur Planung von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen.

Die Konstruktion von Lernarrangements eröffnet daher als didaktisches Instrument den angehenden Chemielehrer*innen innerhalb der ersten Lehrer*innenbildungsphase unter fachdidaktischer Begleitung und durch den Austausch mit gleichrangigen Subjekten einen Möglichkeitsraum zur Kompetenzentwicklung. Der Ansatz durch die Konstruktion von Lernarrangements Kompetenzen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI konkret zu fördern, möchte dabei mitwirken, dass die „Jahrhundertreform“ (Lersch, 2006, S. 38) der Kompetenzorientierung auch konkret Gegenstand der Lehrer*innenbildung ist, damit auch die Schüler*innen in den Klassenzimmern von ihr profitieren können. Chemielehrer*innen sind für den Bildungserfolg ihrer Schülerinnen und Schüler von zentraler Bedeutung, ihre pädagogischen Überzeugungen, auch in Bezug auf SSI, leiten (i. d. R.) ihr „Handwerk“ (Zeidler, 2014, S. 700). Denn die Lehrenden müssen SSI auch vermitteln wollen, denn Kompetenz ergibt sich im Weinertschen (2001) Sinne erst, wenn die Individuen nicht nur über ein Wissen verfügen, sondern auch „die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten“ (Weinert, 2001, S. 27 f.) besitzen.

3 Voruntersuchungen und Ziele des Forschungsprojekts

In diesem Kapitel werden vor dem Hintergrund der theoretischen Reflexionen und der Voruntersuchungen die Ziele des Forschungsprojekts abgeleitet. Dies geschieht unter Detektion von *Forschungslücken*, *Leitfrage*, sowie *Forschungs-* und *Untersuchungsfragen*. Um die konkreten Ziele des Forschungsprojekts abzustecken, gingen diesem Prozess zwei Voruntersuchungen voraus. In der ersten *Vorstudie im Sommersemester 2019* wurde untersucht, welche Vorstellungen und Wissensbestände Chemielehramtsstudierende aller Lehrämter zu Beginn ihres Studiums in Bezug auf ein aktuelles SSI haben, mit der diagnostischen Frage, ob und inwiefern Bedarfe bestehen, dass auf die Partizipation an Diskursen um Grenzwerte dieses SSI eingegangen werden sollte (Anton, 2019). Diese erste Vorstudie wird ausführlich diskutiert, weil sie die Grundlage für die zweite Vorstudie darstellt. Die erste Vorstudie hat einen stark explorativen Charakter, da wissenschaftliche Erkenntnisse zu dieser Fragestellung ein Desiderat darstellen. Auf diese Ergebnisse aufbauend ist die zweite Vorstudie zur Untersuchung von Kompetenzerweiterungen von Chemielehramtsstudierenden durch ein spezielles Lehrangebot mit dem Titel „*Smart Chemistry Teachers Cologne*“ (SCChemTeC) unter Förderung der Stadt Köln konzipiert worden (Anton & Reiners, 2022a; Anton & Reiners, 2022b). In der Vorstellung der zweiten Vorstudie steht das Seminar aus konzeptioneller Sicht sowie die gemessenen Veränderungen im Fokus. Aus den Erkenntnissen der beiden Voruntersuchungen ergaben sich einerseits die notwendigen Begründungen zur Entwicklung der Forschungs- und Untersuchungsfragen, andererseits dienten sie zur Problemgenerierung durch das Sichtbarmachen der Forschungslücken und zu ersten Ansätzen zur Erarbeitung von Lösestrategien.

3.1 Vorstudie: Gesellschaftliche Herausforderungen im Lichte naturwissenschaftlicher Grundbildung in der Chemielehrer*innenbildung – eine Fragebogenstudie zum Thema Schadstoffe in der Luft

In dieser Vorstudie geht es um *Schadstoffe in der Luft* (Anton, 2019). Das Besondere daran ist, dass Luft als atmosphärisches Gasgemisch die gesamte Erde umgibt, Luft sich folglich über nationale Grenzen hinwegbewegt und daher die Luftverunreinigung in einem Land die Menschen aller anderen Länder ebenso betrifft. In Bezug auf die Abmilderung der Folgen des anthropogenen Klimawandels ist die Einhaltung von festgelegten Grenzwerten (vgl. hier bspw. Pariser Klimaabkommen (Vereinte Nationen, 2016)) enorm wichtig. Ähnlich bekannt ist die gesellschaftliche Debatte zu Anfang des Jahres 2019 um Grenzwerte von Schadstoffen in der Luft, insbesondere Feinstaub und Stickoxidverbindungen, die zu einer kontroversen Diskussion innerhalb der Gesellschaft und den Medien geführt hat – Abbildung 2 enthält ausgewählte Schlagzeilen dieser Debatte.

Lungenärzte stellen Feinstaub- und Stickoxidgrenzwerte infrage Wie gefährlich ist die Luftverschmutzung in deutschen Städten? Eine Gruppe von Mediziner*innen zweifelt an den Studien und kritisiert eine Ideologisierung der Debatte.	Luftqualität Grenzwertige Verwirrungen Mehr als 100 Lungenärztinnen und -ärzte beklagen, die Grenzwerte für Stickoxide und Feinstaub seien "unwissenschaftlich". Doch können sie das überhaupt einschätzen?
Falsche Angaben zu Stickoxid Lungenarzt mit Rechenschwäche Dieter Köhler hat mit seiner Kritik an den Grenzwerten für Stickoxid viel Staub aufgewirbelt. Die Fachleute blieben unsichtbar	
Im Streit um Stickoxid-Grenzwerte hat die Wissenschaft eine Niederlage erlitten. Daraus muss sie lernen.	07.02.2019 Stickstoffoxide Kommentar Onlineartikel Köhler-Papier erweist der Stickoxid-Debatte einen Bärendienst
Positionspapier Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.  Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit Holger Schulz*, Stefan Karrasch*, Georg Bölke*, Josef Cyrys*, Claudia Hornberg*, Regina Pickford*, Alexandra Schneider*, Christian Witt*, Barbara Hoffmann* 	Prof. Dr. med. Dieter Köhler D-57392 Schmallenberg Auf dem Kamp 11, Winkhausen Facharzt für Innere Medizin, Pneumologie, Intensivmedizin; Facharzt für Physikalische und Rehabilitative Medizin Dipl. Ing. für Nachrichtentechnik Telefon (02975) 80010 E-Mail: dieter.koehler@t-online.de Stellungnahme zur Gesundheitsgefährdung durch umweltbedingte Luftverschmutzung, insbesondere Feinstaub und Stickstoffverbindungen (NO_x).

Abbildung 2: Ausgewählte Schlagzeilen der gesellschaftlichen Debatte um Grenzwerte von Feinstaub und Stickoxiden zu Beginn des Jahres 2019 (Zitate (v. l. n. r. und v. o. n. u.): ZEIT ONLINE, 2019; Simmank, 2019; Kreutzfeldt, 2019; Schnabel, 2019; Köllner, 2019; Schulz, Karrasch, Bölke, Cyrys, Hornberg & Pickford, Schneider, Witt, Hoffmann, 2018; Köhler, Koch, Hetzel & Klingner, 2019).

3.1.1 Konzeption

Der Fokus der Vorstudie (Anton, 2019) lag auf den Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs. Beide Stoffe gehen mit jeweils unterschiedlichen Herausforderungen für die Gesellschaft einher und können dementsprechend als Schadstoffe in der Luft betitelt werden. Die Oxide des Kohlenstoffs sind dabei vor allem für den anthropogenen Klimawandel, die Oxide des Stickstoffs in erster Linie für die Gesundheit der Menschen relevant. Da Chemielehramtsstudierende diese Themen später in der Schule vermitteln und selbst kompetent sein müssen, sind sie die Zielgruppe dieser ersten Vorstudie. In dieser Studie war die folgende Fragestellung leitend:

Inwiefern sind die Grundlagen bei zukünftigen Chemielehrer*innen zu Beginn ihres Studiums vorhanden, um sich an den Debatten um Schadstoffe in der Luft angemessen und fachlich fundiert beteiligen zu können?

Die Forschungsfrage intendiert dabei zum einen eine Untersuchung dahingehend, inwiefern fachliches Wissen zu den Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs bei Chemielehramtsstudierenden zu Beginn ihres Studiums vorhanden ist (1. Bedarf: Vorhandensein fachlichen Wissens), zum anderen wird die Reflexion bzw. Anwendung jener Kenntnisse auf die gesellschaftlich kontroverse Debatte um Grenzwerte der Schadstoffe in der Luft (2. Bedarf: Anwendung fachlichen Wissens) durch die Untersuchung eingefordert. Diese Studie will damit *grundlegend* die Vorstellungen und

Sichtweisen der Chemielehramtsstudierenden im Umgang mit gesellschaftlichen Herausforderungen im Rahmen naturwissenschaftlicher Grundbildung am Beispiel der Schadstoffe in der Luft untersuchen und kann dabei auf keine relevanten Voruntersuchungen zurückgreifen.

Als Erhebungsinstrument wurde ein offener *Paper-Pencil-Fragebogen* erstellt, welcher an 46 Chemielehramtsstudierende zu Beginn ihres Bachelorstudiums ausgegeben wurde. Es wurde ein offener Fragebogen mit offenen Fragen gewählt, da sie einem qualitativen Forschungsansatz am ehesten entsprechen (vgl. Lamnek, 2014) und den angehenden Chemielehrer*innen eine Möglichkeit bieten, ihre Gedanken zu diesem Thema zu ordnen und selbstständig zu entwickeln. Erhoben wurden die Daten im Sommersemester 2019 an den Universitäten Duisburg-Essen und Köln im Kontext von grundlegenden Veranstaltungen der Chemiedidaktik. Die Teilnahme an dieser ersten Vorstudie war für alle Proband*innen freiwillig und sie erklärten sich einverstanden, dass die Daten wissenschaftlich genutzt werden dürfen. Es handelt sich bei allen Befragten um Chemielehramtsstudierende, insgesamt nahmen 46 Personen an der Erhebung teil. Der Fragebogen gliedert sich in zwei Teile: Der erste Teil erhebt über drei Fragen das Fachwissen zu den entsprechenden Oxiden, der zweite Teil über zwei Fragen die Reflexion bzw. Anwendung der Kenntnisse in den Debatten um die Grenzwerte der Schadstoffe in der Luft.

Um die erhobenen Daten auszuwerten, wurde die qualitative Inhaltsanalyse eingesetzt. Dabei wurde sich an der *qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring* (2015b) orientiert. Im Rahmen dieser ersten Vorstudie wurden die Antworten auf die Fragen eins bis drei durch eine inhaltliche Strukturierung, d. h. im Sinne einer deduktiven Kategorienanwendung, analysiert, während die Fragen vier bis fünf durch eine induktive Kategorienbildung, durch die Kategorien in einem „Verallgemeinerungsprozess“ (Mayring, 2015b, S. 85) abgeleitet wurden. Die letzten beiden Fragen des Fragebogens thematisieren die Grenzwerte der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs und es wird eine Einschätzung der Befragten zu ihren Implikationen in Bezug auf Gesellschaft erhoben. Es gibt nach Sicht des Autors derzeit keine Literatur über Vorstellungen von (Chemie-)Lehramtsstudierenden zu den in dieser Untersuchung in Rede stehenden Grenzwerten und deren Implikationen, sodass durch diese Untersuchung entsprechende Vorstellungen grundlegend erhoben werden, weshalb dies nach einer induktiven Kategorienbildung erfolgt (Mayring, 2015b).

3.1.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der Vorstudie vorgestellt, aufgrund derer Konsequenzen für die Folgestudie(n) gezogen werden. Tabelle 1 zeigt die deduktiv gebildeten Hauptkategorien zum chemischen Wissen mit den entsprechenden *Inhaltsschwerpunkten* und ihren absoluten,

maximal möglichen und relativen Kodierungen. Es war bei der Kodierung nicht erheblich, ob eine Kategorie einmal oder mehrmals erfüllt worden ist, sie zählte immer nur einmal als erfüllt. Konkret anhand der ersten Hauptkategorie heißt dies, dass im Hinblick auf die 46 Proband*innen insgesamt 414 Kodierungen maximal möglich sind und absolut nur 141 Kodierungen aufgrund der Antworten der Probanden gesetzt werden konnten.

Tabelle 1: Übersicht über die Kodierungen in den Kategorien zum chemischen Wissen der ersten Vorstudie.

Deduktiv gebildete Hauptkategorien zum Fachwissen	Inhaltsschwerpunkte	Kodierungen (absolut)	Maximal mögliche Anzahl an Kodierungen (absolut)	Kodierungen (relativ)
Charakteristische Eigenschaften der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs	Nennung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs, Aggregatzustände der Stoffe, zentrale Eigenschaften, Valenzstrichformeln	141	414	34,06%
Bildung und Emissionsquellen der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs	Produktion (etwa Verbrennungsprozesse) und Freisetzungsorte (etwa Verkehrssektor) der einzelnen Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs	53	322	16,46%
Folgen von Emissionen der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs für Menschen, Tiere und Umwelt	Relevanz von Kohlenstoffdioxid für anthropogenen Klimawandel und Folgen des Klimawandels, gesundheitliche Aspekte der Stickoxide	11	279	3,99%
Insgesamt		205	1015	20,20%

Bei den charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs wurden unter anderem Aussagen wie „Kohlenstoffdioxid in der Luft bzw. verbrauchte Luft (auch ausatmen)“ (V1_SN9S), „CO₂ Verbrennung fossiler, nachwachsender Rohstoffe, Katabolismus der Lebewesen; Luftreaktion der Photosynthese“ (V1_FROF) oder „giftig“ (V1_AA7A1) kodiert. Auffällig ist hier, dass mit 44 Kodierungen die Nennung der Oxide des Kohlenstoffs in der Kategorie der charakteristischen Eigenschaften ca. 30 % ausmachen. In der Kategorie zur Bildung und Emissionsquellen wurden unter anderem Aussagen wie „CO₂ wird beim Verbrennen von Kohle und Sprit freigesetzt.“ (V1_JL9J) oder „CO₂ = Abgase in der Industrie etc.“ (V1_SK8S) kodiert. In dieser Kategorie fällt auf, dass der größte Teil der erfüllten Kategorien über Aussagen zur Bildung von Kohlenstoffdioxid über Verbrennung kohlenstoffhaltiger Materialien mit ca. 24 % erfolgt. Aussagen wie „CO₂ treibt als Treibhausgas den menschengemachten Klimawandel an“ (V1_JL9J1)

erfüllen die Kategorie zu den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs für Menschen, Tiere und Umwelt. Auffällig ist in dieser Kategorie, dass die Studierenden die Begriffe, wenn genannt dann nicht weiter erklären. Insgesamt, dies zeigen auch die zunehmend sinkenden Kodierungen über die einzelnen Kategorien in der obigen Tabelle hinweg, offenbaren die Daten, dass die Studierenden über *wenig Fachwissen* verfügen und dieses Fachwissen häufig *nur oberflächlich* ist.

Für den zweiten Teil des Fragebogens wurden für die vierte Frage (Was bedeuten oder besagen die Grenzwerte zu den Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs, die u. a. in den Medien diskutiert werden?) aus dem Material acht Hauptkategorien gebildet. Diese wurden zu folgenden zwei Überkategorien zusammengeführt: Schutz und Gefahr sowie gesellschaftliche Eingebundenheit von Grenzwerten und ihre Implikationen. Aussagen wie „Stickstoffoxide = 40 Mikrogramm pro Kubikmeter im Jahresmittel. Bedeutung: alles was darüber geht, ist klimagefährdend, Erwärmung wird dadurch verstärkt, gesundheitsschädlich“ (V1_FA9F), „Es gibt von der EU festgelegte Grenzwerte, die nicht überschritten werden dürfen, da es sonst zu Sanktionen kommt“ (V1_JA2J) und Grenzwerte als „Ausstoß bei dem die ausgestoßene Menge unschädlich auf den Menschen ist und mit keiner gesundheitlichen Beeinträchtigung gerechnet werden muss“ (V1_FROF) zeigen, dass die Studierenden sowohl fachliche Fehler in ihren Überlegungen haben als auch insgesamt einseitig, nicht multiperspektivisch und unterkomplex argumentieren. Den Studierenden ist weder die genaue Bedeutung noch infolgedessen das Zustandekommen der Grenzwerte aus einem Kompromiss zwischen diversen Akteur*innen bekannt.

Für die fünfte Frage („Schildere mögliche Probleme, Herausforderungen sowie Einsichten, die mit der Grenzwertdiskussion um die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs einhergehen“) wurden insgesamt die folgenden fünf Überkategorien gebildet: 1. Technischer und wissenschaftlicher Fortschritt, 2. Notwendiges zur Umsetzung und Einhaltung, 3. (Globale) Gesellschaftliche Herausforderungen, 4. Glaubwürdigkeitsrelevante Auseinandersetzung, und 5. Belastende Emissionen. Die Aussagen „bzw. gute Alternativen zu finden, die viel gesünder sind (Li-Akku z. B. wegen Recycling nicht...)“ (V1_FROF), „Die Herausforderung besteht darin, den Bürgern (sic!) eine kostengünstige Alternative zu bieten, damit diese sich auf das Thema einlassen (Alternative zum Verbrennungsmotor)“ (V1_OR0O) und „Speicherung von Energie aus erneuerbaren Energien schwer umzusetzen“ (V1_JA2J) machen deutlich, dass die Studierenden über ein großes Problembewusstsein verfügen. Aussagen wie „Es ist der Politik bisher nicht gelungen, eine gute Politik mit diesem sehr wissenschaftlichen Thema zu machen“ (V1_JN5J1) und „Einsichten: Politiker haben null Ahnung“ (V1_SK8S) zeigen zum einen, dass die wissenschaftliche Relevanz beim Thema Grenzwerte von den Studierenden wahrgenommen wird sowie die von Leuschner (2012) betrachtete Sichtweise,

dass Politiker von Experten informiert werden müssen, um auf Grundlage von wissenschaftlichem Wissen handeln zu können. An dieser Stelle sei angemerkt, dass jene Studierende mit vielen erfüllten Kategorien in den ersten drei Fragen des Fragebogens auch in den letzten beiden Fragen des Fragebogens kritische, reflektierte und aufgeklärte Antworten gaben wie

Diese Grenzwerte sind keine, bei denen zu konstatieren ist, dass ein solcher Wert annehmbar für Klima (bei CO₂) oder die menschliche Gesundheit (bei Stickoxiden) ist. Sondern ist lediglich ein Kompromiss zwischen Klimaschutz/ Gesundheit und „Wohlstand“ bzw. wirtschaftlichen Interessen (V1_JL9J1).

Die Bildung von 93 Unterkategorien zeigt eine große Bandbreite diverser Sichtweisen zur fünften Frage. Häufig zeigten sich dabei undifferenzierte und unreflektierte Sichtweisen, in weiten Teilen auch Unsicherheiten bezüglich des Themas. An allen Aussagen zur fünften Frage wird deutlich, dass keine Begründung über Fachwissen erfolgte. Im Gegenteil lassen die Aussagen der Teilnehmenden auch aufgrund einer *fehlenden naturwissenschaftlichen Begründung* auf eine Ähnlichkeit und damit auf ein *nicht hinterfragtes Übernehmen von Positionen* aus den Medien schließen.

3.1.3 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisdarstellung und -diskussion haben gezeigt, dass wenig Fachwissen bei den Studierenden zu den Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs, ihren Freisetzungsorten und ihren Wirkungsweisen und ihren Auswirkungen vorhanden ist. Auch wenn sich die Befragten in den beiden letzten Fragen mit der Bedeutung von Grenzwerten und den Herausforderungen, Problemen und Einsichten zur Grenzwertdebatte auseinandersetzen, geschieht dies jedoch kaum in einer reflektierten, kritischen und adäquaten Weise. Daher kann die Forschungsfrage, „Inwiefern sind fachliche Grundlagen bei zukünftigen Chemielehrer*innen zu Beginn ihres Studiums vorhanden, um sich an den Debatten um Schadstoffe in der Luft angemessen und fachlich fundiert beteiligen zu können?“, wie folgt beantwortet werden: Zu Beginn des Studiums sind bei wenigen der zukünftigen Chemielehrer*innen inhaltliche Grundlagen vorhanden. Es kommt darüber hinaus zu Auseinandersetzungen mit den Debatten um Schadstoffe in der Luft, es kann hier jedoch kaum von einer angemessenen und fachlich fundierten Beteiligung gesprochen werden, da die fachlichen Grundlagen zumeist fehlen und die gesellschaftlichen Herausforderungen, wenn sie denn thematisiert sind, ohne naturwissenschaftliche Begründung genannt werden.

Es wird zu einem großen Teil deutlich, dass die Befragten die *Problemlage erkennen*, doch ihre Argumentationen bleiben *im Kontext des Allgemeinen verhaftet* und bedienen sich *nicht naturwissenschaftlichen*

Wissens, obwohl dieses den Befragten aufgrund ihrer Studienwahl nicht fremd sein dürfte bzw. sein sollte. Dies belegt eine *Unsicherheit im Umgang* mit diesem Thema. Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass es Aufgabe der universitären Chemielehrer*innenbildung ist, entsprechende Angebote für einen Umgang mit gesellschaftlichen Herausforderungen für eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu stellen. Diese Angebote sollten es den Studierenden ermöglichen, sich einerseits das *notwendige Fachwissen aneignen* zu können und andererseits dieses *Fachwissen sowohl in partizipatives* (vgl. Kap. 2.2) *als auch unterrichtliches Handeln* (vgl. Kap. 2.3) *zu transformieren*.

3.2 Vorstudie: Smart Chemistry Teachers Cologne (SChemTeC)

Das im Rahmen von SmartCity Cologne GO durch die Stadt Köln geförderte Projekt *Smart Chemistry Teachers Cologne* (SChemTeC) hatte zum Ziel, die zukünftigen Chemielehrer*innen am Institut für Chemiedidaktik der Universität zu Köln dahingehend anzuleiten, sich einerseits fachspezifisches Wissen zur nachhaltigen, verantwortungsvollen und smarten Gestaltung der Stadt Köln anzueignen, andererseits dieses erworbene Wissen in unterrichtliches Handeln zu transformieren (Anton & Reiners, 2022a; Anton & Reiners, 2022b). Eine smarte Stadt braucht Menschen, die in der Lage sind, ihren Lebensraum begründet mitzugestalten und darüber hinaus sollten sie fähig sein, neue Ansätze nachhaltig zu entwickeln, sodass Leben, Umwelt und Lebensqualität gegenwärtiger und zukünftiger Generationen verbessert werden (Möhlendick & Kreitsch, 2018).

Im Rahmen der ersten Vorstudie konnte mit Hilfe von *Fragebögen* gezeigt werden, dass angehende Chemielehrer*innen zum einen nicht über notwendiges Fachwissen verfügen, um die mit den Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Schadstoffe in der Luft einhergehenden gesellschaftlichen Herausforderungen adäquat erfassen und problematisieren zu können, zum anderen Unsicherheiten im Umgang mit Daten- und Informationsquellen haben. Die beiden intendierten Bedarfe aus der ersten Vorstudie haben sich als ausbaufähig gezeigt, denn die Chemielehramtsstudierenden verfügen durch ihr reguläres Studium nicht über ein ausreichendes und kontextualisiertes Wissen in Bezug auf SSI. Um diesen Defiziten zu begegnen, baut SCheMTeC auf die erhobenen Voraussetzungen der Chemielehramtsstudierenden auf und begegnet den Unsicherheiten derart, dass den *zukünftigen Chemielehrer*innen Angebote für ihre Professionalisierung* in einem innovativen Format zielbezogen gemacht werden. Es folgt dem Ziel, einen Teil der Gesellschaft über Proteste hinaus zu befähigen, sich aktiv in die Diskussionen um SSI einzubringen und entsprechend handeln zu können. Im Zentrum standen dabei, wie auch in der ersten Vorstudie, SSI-Diskurse um Schadstoffe in der Luft anhand der Diskussionen um ihre Grenzwerte.

3.2.1 Konzeption der Lehrveranstaltung SChemTeC

Die Idee der naturwissenschaftlichen Grundbildung impliziert auch für Chemielehramtsstudierende als vorauszusetzende *notwendige Bedingung*, dass sowohl ein solides Fachwissen zur Problemanalyse (Höttecke & Allchin, 2020) als auch Kompetenzen vorhanden sein müssen, verschiedene Daten- und Informationsquellen zielführend analysieren zu können (Archila et al., 2021; Sharon & Baram-Tsabari, 2020). Daneben muss als *hinreichende Bedingung* die Fähigkeit vorhanden sein, das entsprechende Problem in die Unterrichtspraxis transformieren zu können. Wenngleich diese zweite Vorstudie beide Bedingungen adressiert, beschränken sich die empirischen Untersuchungen dieser zweiten Vorstudie auf die notwendigen Bedingungen und auf die ersten Schritte zur Konzeption eines entsprechenden Lernangebots. Das innovative Potential des Projektes liegt sowohl in den Inhalten und Zielen als auch in den Methoden und Formaten. Die Projektidee SChemTeC nimmt ihren Ausgang bei Vorstellungen von Lehramtsstudierenden, die wissenschaftlich erstmals erhoben worden sind. Durch die Berücksichtigung der ursprünglichen Vorstellungen wird durch dieses Projekt eine Konzepterweiterung bei den zukünftigen Chemielehrer*innen initiiert, sodass sie in die Lage versetzt werden, ihren späteren Schüler*innen eine Handlungsfähigkeit, fußend auf angeeignetem Wissen, innerhalb gesellschaftlicher Diskurse zu ermöglichen. Aufgrund der COVID19-Pandemie und den einhergehenden Lockdowns und Kontaktreduktionen konnten die geplanten Lernarrangements nicht mit Lernenden erprobt werden, sondern blieben auf einer theoretisch-planerischen Ebene. Das Seminar wurde als digitale Lehre durchgeführt.

Das Projekt SChemTeC ist in *drei aufeinanderfolgende Phasen* eingeteilt: 1. Wissensaneignung, 2. Handlungsorientierung und 3. Evaluation. Abbildung 3 zeigt die Abfolge der Phasen im Ablauf des Seminars graphisch. Die Seminarphase der *Wissensaneignung* begann mit der Lektüre und Diskussion von Medienberichten, es schloss sich eine diskursive Vorstellung von Projekten in Köln an. Da SChemTeC durch Mittel der Stadt Köln gefördert worden ist, werden immer wieder regionale Bezüge gesetzt. In Tabelle 2 werden die Inhalte und deren Abfolge in dieser Seminarphase veranschaulicht. Auch wurden im Seminar nach einer Recherche Auswirkungen der sog. Kölner Lichter, einer Musik- und Feuerwerksveranstaltung in Rheinnähe, und etwaiger Alternativen diskutiert. Anschließend wurden arbeitsteilig (in Gruppen) Sachanalysen zum Thema Klimawandel und Luftverschmutzung in Bezug auf Bildung, Freisetzung, Wirkungsweise und Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs erstellt. Diese Sachanalysen wurden auf Basis der Rückmeldungen der Kommiliton*innen überarbeitet.

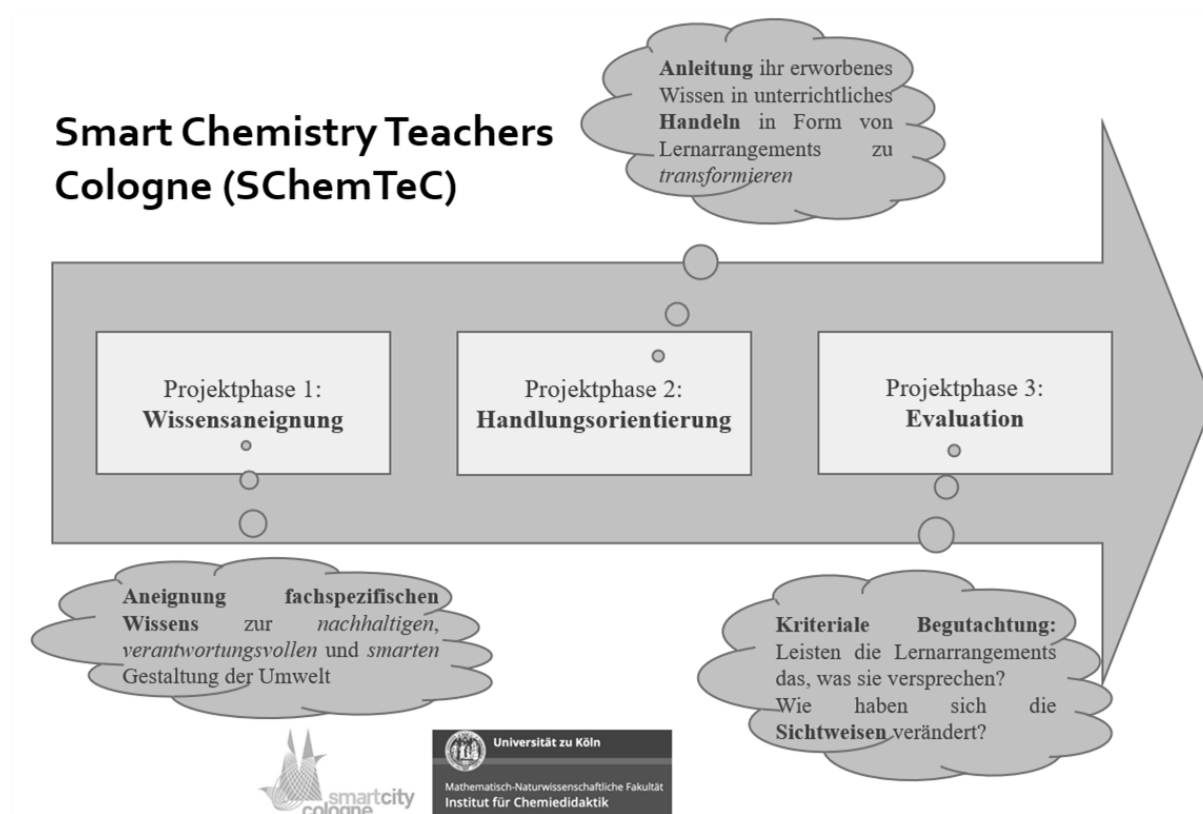


Abbildung 3: Seminarstruktur SChemTeC.

Die verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Luftqualität wurden erarbeitet und diskutiert. Im Rahmen der Dimension Wissensaneignung wurden nicht nur die notwendigen fachlichen Grundlagen von Schadstoffen in der Luft anhand der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs, sondern auch verschiedene Implikationen und Positionen innerhalb der entsprechenden Diskurse aufgabengeleitet unter Verwendung und Reflexion verschiedenster Daten- und Informationsquellen vermittelt, um die Unsicherheiten zu reduzieren.

Daran schloss die Phase der *Handlungsorientierung* an, in der die Studierenden angeleitet wurden, ihr erworbenes Wissen fachdidaktisch in Form von *Lernarrangements* zu transformieren. In Tabelle 3 sind die Inhalte dieser Seminarphase veranschaulicht. Dabei wurde den Chemielehramtsstudierenden zur fachdidaktischen Aufbereitung von Wissensinhalten ein breites didaktisches Repertoire zur Verfügung gestellt, wie etwa die Fishbowl-Diskussion oder die Podiumsdiskussion, die nicht direkt mit dem experimentellen Chemieunterricht in Verbindung gebracht werden, jedoch Möglichkeiten bieten, verschiedene Positionen diskursiv kennenzulernen und auszutauschen (Mattes, 2002).

Tabelle 2: Struktur der Seminarphase Wissensaneignung des Seminars SCChemTeC.

Phase	Sitzung	Inhalte
Wissensaneignung	1	• Einführung und Organisation • Lektüre und Diskussion von Medienberichten zum Thema <i>Schadstoffe in der Luft unter lokalem Bezug</i>.
	2	• Vorstellung des Projekts <i>SCChemTeC</i> im Rahmen von Smart City Cologne GO und Diskussion der <i>Projekte von Smart City Cologne GO</i> am Beispiel der vielen Studierenden unbekannten <i>Klimastrasse</i> sowie der vielfach genutzten <i>Fahrräder und E-Busse der Kölner Verkehrsbetriebe</i>. • Diskussion der <i>Ausgangslage Kölns</i> im Hinblick auf Bevölkerungswachstum und durch die u. a. durch den Klimawandel verursachten zukünftigen Herausforderungen. • Am Beispiel des <i>Verkehrssektors</i> wurden mögliche Klimawandelanpassungen reflektiert und Möglichkeiten im alltäglichen Leben zur Reduktion von CO₂-Emissionen benannt und beurteilt. • Herstellung eines lokalen Bezugs durch Diskussion der aktuellen Fragestellung, ob und inwiefern die <i>Kölner Lichter</i> mit ihrem Feuerwerk trotz Klimawandel wegen ihrer Luftemissionen noch verantwortbar sind und ob es nicht bessere Alternativen gibt. Hier wurden die Emissionen durch das Feuerwerk diskutiert, sowie auch die Emissionen durch den Individualverkehr zu diesem Fest. Es wurde der Verkehrssektor besonders im Spannungsfeld von Individualverkehr und öffentlichen Personennahverkehr diskutiert. • Diskussion von <i>smarten Alternativen</i>, um mit diesen gesellschaftlichen Herausforderungen umzugehen anhand der Thematisierung der Konsequenzen von Alternativen, wie Lasershows, im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Lichtverschmutzung oder Elektromobilität und erneuerbaren Energien vor dem Hintergrund von Schadstoffen in der Luft, insbesondere der Oxide des Stickstoffs.
	3	• <i>Sachanalyse</i> des Themas Klimawandel und Luftverschmutzung in Bezug auf das Fachwissen zur Bildung, zur Freisetzung und zur Wirkungsweise und den daraus resultierenden Folgen der relevanten Schadstoffe in der Luft (CO, CO₂, NO und NO₂). • Erstellung der Sachanalysen in Gruppen und arbeitsteilig. Eigene Recherchen, Lektüre und Diskussion ausgewählter Materialien sollen hier zu einem wissenschaftsgerechten Umgang anleiten.
	4	• Vorstellung der Sachanalysen der verschiedenen Gruppen und Diskussion der Ergebnisse • Aufgrund der Diskussion: <i>Vertiefung und Optimierung der Sachanalysen</i> • <i>Grenzwerte</i> als zentrale Instrumente der Klima- und Umweltpolitik. Wie wird die Luftqualität beurteilt? Grenzwerte für Schadstoffe in der Luft: Was sind überhaupt Grenzwerte? Für welche Stoffe gibt es was für Grenzwerte? Was sagen diese Grenzwerte aus?
	5	• Methoden zur Bestimmung der Luftqualität und Kennenlernen der Messstationsstandorte in Köln: Was wird zur Abschätzung der Luftqualität gemessen? Wie wird in Köln die Luftqualität gemessen? Wo wird die Luftqualität gemessen? Was sagen die Ergebnisse aus? Wie kann ich wissen, wie gut die Luftqualität in meinem (Kölner) Veedel (Stadtteil) ist?
	6	• Reflexion Methoden zur Bestimmung der Luftqualität aus chemischer Sicht • Reflexion der Wissensaneignung zur Bewusstwerdung der erworbenen Kompetenzen anhand von Leitfragen

Dabei bekommen die Lernenden die Möglichkeit, verschiedene Sichtweisen argumentativ überzeugend zu formulieren und jene im Diskurs zu vertreten. Der Ansatz von Leisen (2010) in Bezug auf die Gestaltung von Lernaufgaben wurde vorgestellt und vor dem Hintergrund der Lernarrangements angewandt. Darüber hinaus wurden Formate, wie Podcasts, und deren Potentiale zur Anwendung in Schule diskutiert, sodass die zukünftigen Chemielehrer*innen auch Einsatzmöglichkeiten von Aufgaben zur Erstellung von Podcasts und Videos in Chemieunterricht zur Vertiefung, Sicherung und Anwendung erworbener Kompetenzen der Schüler*innen kennenlernen konnten.

Es war hier ein wichtiges Ziel das Verständnis zu vermitteln, dass die Behandlung des Klimawandels in allen Schulformen eine curriculare Grundlage hat und die Bildungsstandards auf übergeordneter Ebene ebenso die Wichtigkeit manifestieren.

Tabelle 3: Struktur der Seminarphase Handlungsorientierung des Seminars SChemTeC.

Phase	Sitzung	Inhalte
Handlungsorientierung	7	• Einführung in die curricularen Grundlagen zur Thematisierung gesellschaftlicher Herausforderungen am Beispiel von Schadstoffen in der Luft (bspw. KMK, 2005; KMK, 2020; Kernlehrpläne NRW), damit die Studierenden die Voraussetzungen abschätzen können. • Recherche von Experimenten zu Schadstoffen in der Luft und Beurteilung der ausgesuchten Experimente im Hinblick auf mögliche Zielsetzungen, Bedingungen und mögliche Lernzuwächse der Lernenden. • Da aufgrund der COVID19-Pandemie keine Experimente real im Labor durchgeführt werden konnten, musste auf den digitalen Raum ausgewichen werden. Hier mussten die Studierenden ihre Experimente für einen möglichen digitalen Einsatz aufbereiten.
	8	• Ausbau fachdidaktischer Kompetenzen durch die Konzeption von Lernarrangements: Die Studierenden konzipierten hier die Lernarrangements in Gruppen zu verschiedenen Themen. • Bei der Konzeption der Lernarrangements versuchten die Studierenden möglichst kontextorientiert und digital vorzugehen. • Es wurden didaktische Werkzeuge vorgestellt und reflektiert, wie bspw. die Fishbowl-Diskussion oder die Podiumsdiskussion. Darüber hinaus wurden diese Werkzeuge unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter Formate, wie Podcasts, bezüglich deren Potentiale zur Anwendung in der Schule diskutiert. Diesbezügliche Einsichten wurden bei der Konstruktion der Lernarrangements berücksichtigt.

Konkret wurden in diesem Seminar sieben thematisch verschiedene Lernarrangements von den Studierenden entwickelt. Drei Lernarrangements zu Kohlenstoffdioxidemissionen wurden mit den folgenden Schwerpunkten konstruiert: 1. Nachweis und Entstehung, 2. Eigenschaften und Wirkung, 3. Vermeidung. Stickoxidemissionen wurden in zwei Lernarrangements anhand der Aspekte Nachweis und Messstationen und Entstehung und Wirkung fachdidaktisch perspektiviert. Zu den Themen Ozon und Feinstaub entstand jeweils ein Lernarrangement zu den Aspekten Nachweis, Entstehung und Wirkung. In allen sieben Lernarrangements wurden die fachlichen Inhalte auf die einhergehenden gesellschaftlichen Herausforderungen und ihren gesellschaftlichen Diskussionen bezogen. In der dritten Projektphase, der *Evaluation*, sollten die Chemielehramtsstudierenden die Lernarrangements der anderen Studierenden reflektieren, was in Tabelle 4 in Bezug auf die konkreten Inhalte veranschaulicht ist.

Da durch die COVID19-Pandemie keine Lernenden in das Schüler*innenlabor kommen konnten, wurden die entwickelten Lernarrangements derart erprobt, als dass die Kommiliton*innen einmal die Rolle des Lernenden einnahmen und einmal die Rolle des*r Kollegen*in. Dann wurden die Lernarrangements aus der jeweiligen Perspektive und den jeweils spezifischen Anforderungen und Sichtweisen mit der Frage bearbeitet: Leisten die Lernarrangements das, was sie versprechen?

Tabelle 4: Struktur der Seminarphase Evaluation des Seminars SCChemTeC.

Phase	Sitzung	Inhalte
Evaluation	9	- Simulation des Schüler*innenlabortages durch Gruppenarbeit im Rahmen einer feedbackbasierten Rückmeldung durch mehrere Studierende. - Lernarrangements wurden dabei simulativ erprobt, dass die Kommiliton*innen dazu einmal die Rolle des Lernenden und einmal die Rolle des*r Kollegen*in einnahmen.
	10	- Optimierung der Stationen durch das Feedback der letzten Seminarsitzung nach Rücksprache mit dem Dozierenden. - Reflexion der Projektphase Handlungsorientierung anhand von Leitfragen.
	11	- Vorstellung der finalen Lernarrangements in Kurzvorträgen - Diskussion und Reflexion des Seminars und der jeweiligen Kompetenzentwicklungen

Im Anschluss wurde entsprechendes Feedback ausgetauscht. Die Lernarrangements wurden im Anschluss an das Feedback optimiert. Die Studierenden entwickelten ihre Lernarrangements dadurch begründet weiter, dabei konnten sie auch lernen, Rückmeldungen zu gewichten. Die Chemielehramtsstudierenden reflektierten ihre Weiterentwicklung und fixierten ihren Weiterentwicklungsprozess schriftlich.

3.2.2 Konzeption der Forschung zu SCChemTeC

Die in der ersten Vorstudie aufgezeigten Defizite wurden zum Ausgangspunkt für die Konzeption dieses Projekts und führten zu folgender Fragestellung:

Inwieweit kann die konzipierte Lehrveranstaltung SCChemTeC die aufgezeigten Defizite von Chemielehramtsstudierenden im Hinblick auf die Voraussetzungen zur Partizipation an Diskursen um gesellschaftliche Herausforderungen von Schadstoffen in der Luft reduzieren?

Diese Fragestellung bezieht sich auf die notwendigen Voraussetzungen der Chemielehramtsstudierenden zur Vermittlung von SSI und damit auf die Zuwächse an Kompetenzen durch die Seminarphase der Wissensaneignung. Im Rahmen der Dimension Wissensaneignung wurden nicht nur die notwendigen fachlichen Grundlagen von Schadstoffen in der Luft anhand der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs, sondern auch verschiedene Implikationen und Positionen innerhalb der entsprechenden Diskurse aufgabengeleitet unter Verwendung und Reflexion verschiedenster Daten- und Informationsquellen vermittelt, um die Unsicherheiten zu reduzieren. Diese zweite Vorstudie verfolgt damit die Intention, die Chemielehramtsstudierenden im Hinblick auf die Partizipation an Diskursen um SSI durch ein innovatives Seminar zu fördern. Da es sich um eine Vorstudie handelt, wurde nur die notwendige Bedingung der Befähigung forschungsmethodisch

fokussiert. Es wurden alle genannten Seminarphasen durchgeführt, jedoch wurde aufgrund begrenzter Mittel nur die Kompetenzerweiterungen bezogen auf die Partizipation an Diskursen um SSI untersucht.

An dieser zweiten Vorstudie nahmen 15 Chemielehramtsstudierende zu Beginn des Masterstudiums bzw. am Ende des Bachelorstudiums teil. Die Befragten studierten Chemie auf Lehramt für Gymnasien und Gesamtschulen (SI/SII), für Haupt-, Real- und Gesamtschulen (SI) und für Sonderschulen. Die Teilnahme am Seminar war freiwillig. Es liegen für die Daten aller Erhebungsinstrumente entsprechend Einverständniserklärungen zur Verwendung in der Forschung vor. Diese Daten wurden datenschutzkonform behandelt. Diese Veranstaltungen fanden pandemiebedingt online über elf Wochen mit jeweils vier Semesterwochenstunden im Kontext des sogenannten Projektseminars statt. Die fachdidaktische Erforschung wurde aufgrund des Gegenstands qualitativ konzipiert. Zur Erhebung wurden verschiedene Erhebungsinstrumente im Rahmen einer „Between-Method-Triangulation“ (Flick, 2015) verwendet. Ein *offener Fragebogen* im Prä-Post-Design ($n = 15$) erhob neben dem chemischen Wissen der Chemielehramtsstudierenden ihr Wissen von Grenzwerten der sog. Schadstoffe in der Luft, bspw. zur Aussagekraft oder zum Zustandekommen von Grenzwerten. Der Fragebogen ist der schon in der ersten Vorstudie eingesetzte Fragebogen (Anton, 2019). Zur weiteren Datenerhebung wurden die von den Chemielehramtsstudierenden formulierten *Reflexionsaufgaben* ($n = 14$) genutzt, um ihre Weiterentwicklungen und die von ihnen gesehenen Herausforderungen zu erheben. Der Arbeitsauftrag für diese Reflexionsaufgaben lautete „Verfasse schriftlich eine reflektierende Bilanzierung im Hinblick auf Deine Weiterentwicklung“. Es wurden den Chemielehramtsstudierenden offene Fragen zur Anregung und zur Unterstützung bereitgestellt. Die Anregungen bezogen sich auf Wissenszuwächse durch das Seminar, offen gebliebene Fragen, neue Einsichten, Herausforderungen im Lernprozess oder Überraschungen. Im Anschluss an das Seminar wurden problemzentrierte *Interviews* (Witzel, 1985) ($n = 2$) eingesetzt, um die Begründungen zur Positionierung zu SSI zu erheben, um weitergehende Daten zu sammeln und vorhandene Erkenntnisse zu validieren. Die Leitfragen in den Interviews zielten auf gesellschaftliche Herausforderungen bei Schadstoffen in der Luft ab, mögliche Grenzwerte dieser und ihrer Genese, Grenzwerte als Steuerungsinstrumente der Politik im Allgemeinen, auf beachtenswerte Aspekte bei der Vermittlung von SSI und auf im Seminar erkannte Werte.

Die gewonnenen Daten wurden mit der *qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring* (2015b) analysiert. Dabei wurden alle erhobenen Fragebögen mit Hilfe der inhaltlichen Strukturierung mit einem auf einer Sachanalyse literaturbasiert entwickelten Kategoriensystem deduktiv ausgewertet. Das *chemische Wissen* wurde anhand der drei Hauptkategorien (1) Charakteristische Eigenschaften der Oxide

des Kohlen- und Stickstoffs, (2) Bildung und Emissionsquellen der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs sowie (3) Folgen von Emissionen der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs für Menschen, Tiere und Umwelt, die schon in der ersten Vorstudie eingesetzt worden sind, ausgewertet. Das *Wissen über Grenzwerte* wurde anhand fünf folgender Hauptkategorien kodiert: (1) Intentionen, Aussagekraft und spezifische Grenzwerte der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs, (2) Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs, (3) Prozesse zur Festlegung von Grenzwerten für Oxide des Kohlen- und Stickstoffs, (4) Gesellschaftliche Diskurse zu Grenzwerten der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs und deren Implikationen und (5) Kommunikation von Grenzwerten für Oxide des Kohlen- und Stickstoffs unter Berücksichtigung von Unsicherheiten. Diese deduktiven Kategorien wurden literaturbasiert und vor dem Hintergrund der für diese Arbeit erarbeiteten Arbeitsdefinition für den Grenzwertbegriff formuliert. Sie stehen im Einklang mit den in der ersten Vorstudie induktiv gewonnenen Aspekten zu Grenzwerten. Die Interviews wurden induktiv ausgewertet, um die Weiterentwicklungen und die Herausforderungen, die die Chemielehramtsstudierenden sehen, möglichst nah an den Probanden zu erheben.

3.2.3 Ergebnisse

Tabelle 5 zeigt die Kodierungen zu den ersten drei Fragen des Fragebogens, die sich auf die Ebene des chemischen Wissens beziehen. Wie in der ersten Vorstudie erfolgt eine Kodierung dann, wenn eine Aussage gemäß des Kodierleitfadens einer Kategorie zugeordnet werden kann, wobei mehrfache Aussagen, die einer Kategorie zugeordnet worden sind, einfach kodiert worden sind (Mayring, 2015b).

Analog zur ersten Vorstudie wurden die entwickelten Haupt- und Unterkategorien zur Analyse des chemischen Wissens angewendet (Anton, 2019). Die Komplexität hinsichtlich der fachwissenschaftlichen Anforderungen steigt mit den Hauptkategorien an. Tabelle 5 visualisiert die summierten Kodierungen der Fragebögen anhand der drei Hauptkategorien, die sich in weitere Kategorien jeweils differenzieren. Insgesamt hat eine Verbesserung in Bezug auf das chemische Wissen zu den Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs stattgefunden. Während in den Prä-Fragebögen insgesamt 78 Kodierungen erfolgten, wurden in den Post-Fragebögen 113 Kodierungen erzielt. In Bezug auf das chemische Wissen verbesserten sich elf Probanden, verschlechtert haben sich vier Probanden. Davon haben sich zwei Probanden um jeweils eine Kodierung in den Unterkategorien verschlechtert, die anderen gaben unvollständige Fragebögen ab.

Tabelle 5: Kodierungen zum chemischen Wissen der zweiten Vorstudie.

Deduktiv gebildete Hauptkategorien zum chemischen Wissen	Kodierungen Prä-Fragebogen	Kodierungen Post-Fragebogen
Charakteristische Eigenschaften der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs	58	56
Bildung und Emissionsquellen der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs	13	37
Folgen von Emissionen der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs für Menschen, Tiere und Umwelt	7	20
Kodierungen chemisches Wissen insgesamt	78	113

Die Chemielehramtsstudierenden verfügten von Beginn an bezüglich der charakteristischen Eigenschaften über deutlich mehr chemisches Wissen als bezüglich Bildung und Emissionsquellen sowie der Folgen – dies deckt sich mit den Ergebnissen der ersten Vorstudie. In den beiden weiteren Kategorien zeigt sich von den Prä- zu den Post-Fragebögen eine Erhöhung der Kodierungsanzahlen. Auch hat sich die Tiefe und kritische Auseinandersetzung verbessert, was exemplarisch anhand der folgenden Aussagen gezeigt werden kann: Eine Person hat die Frage nach den Auswirkungen im Prä-Fragebogen oberflächlich mit dem Begriff „Treibhauseffekt“ (V2_ABS234A_PrF) beantwortet und im Post-Fragebogen begründeter wie folgt beantwortet: „Zunächst gibt es einige Auswirkungen auf das Klima, bzw. Funktionen in der Atmosphäre, nämlich Absorption und Reflexion von Wärmestrahlung. Bei zu viel CO₂ in der Luft wird mehr Wärmestrahlung zur Erde reflektiert, wodurch sich das Klima erwärmt“ (V2_ABS234A_PoF).

In Tabelle 6 sind die Kodierungen für das Grenzwertwissen über die deduktiv gebildeten Kategorien abgebildet. Dieses wurde in den Fragebögen mittels der Fragen vier und fünf, analog zur ersten Vorstudie, erhoben. Auch hier ist eine deutliche Verbesserung von den Prä- hin zu den Post-Fragebögen von neun auf 36 Kodierungen festzustellen. Auf die Probanden bezogen konnten sich zwei Drittel der Probanden verbessern, die Restlichen haben sich weder verbessert noch verschlechtert. In Bezug auf die komplexe Kategorie zur Festlegung von Grenzwerten für Kohlenstoff- und Stickstoffoxide liegen nach der Intervention nicht mehr null, sondern nun zwölf Kodierungen vor. Während in den Prä-Fragebögen die Chemielehramtsstudierenden Aussagen mit Blick auf die Diskurse von Grenzwerten zu Schadstoffen in der Luft, wie „allerdings sind diese Werte häufig willkürlich gesetzt (z. B. von der EU) und selten wissenschaftlich belegt“ (V2_ÖLF569F_PrF) formulierten, wurde in den Post-Fragebögen eine deutliche Verbesserung in Bezug auf die fachliche Tiefe festgestellt.

Tabelle 6: Kodierungen zum Grenzwertwissen der zweiten Vorstudie.

Deduktiv gebildete Kategorien zum Grenzwertwissen	Kodierungen Prä-Fragebogen	Kodierungen Post-Fragebogen
Intentionen, Aussagekraft und spezifische Grenzwerte der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs	5	6
Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs	1	5
Prozesse zur Festlegung von Grenzwerten für Oxide des Kohlen- und Stickstoffs	0	12
Gesellschaftliche Diskurse zu Grenzwerten der Oxide des Kohlen- und Stickstoffs und deren Implikationen	3	10
Kommunikation von Grenzwerten für Oxide des Kohlen- und Stick- stoffs unter Berücksichtigung von Unsicherheiten	0	3
Kodierungen Grenzwertwissen insgesamt	9	36

Illustriert werden kann dies mit folgender Aussage zu den Grenzwertsetzungen zugrunde liegenden Aushandlungsprozessen: „Es handelt sich um ein Zusammenspiel zwischen Gesundheit/ Naturschutz und wirtschaftlichen/ politischen Interessen“ (V2_PWÜ528Q_PoF). In der Summe bleibt der Zuwachs in dieser Kategorie jedoch hinter den Erwartungen zurück. Dennoch zeigen diese exemplarischen Aussagen, dass die Studierenden das Lehrangebot als Lernangebot bereitwillig wahrgenommen haben und es im Hinblick auf ihre Kompetenzen positive Folgen hinterlassen hat. *Die Wissensaneignung war demnach erfolgreich.*

Die Chemielehramtsstudierenden haben zur Dokumentation ihrer Weiterentwicklung am Ende der Seminarphase Wissensaneignung eine reflektierende Bilanzierung als Reflexionsaufgabe jeweils als Selbsteinschätzungen verfasst. Dazu erhielten sie eine Liste mit Aspekten zur Bilanzierung, wie bspw. Wissenserweiterungen oder Herausforderungen im Kontext des Seminars. Aufgrund der Fülle an Informationen muss, gerade bei SSI, immer eine Auswahl erfolgen und diese Auswahl muss begründet erfolgen. Aus Sicht der Chemielehramtsstudierenden ist dies nicht unanspruchsvoll, was das folgende Zitat zeigt: „ich [fand, Anm. d. Verf.] bei der Recherche im Internet herausfordernd, dass es eine Fülle an Material gab, bei dem man sich oft nicht sicher sein konnte, ob es seriös ist oder nicht.“ (V2_ASD869S_RW). Dies zeigt, dass Laien Unterstützung bei der Entschlüsselung wissenschaftlicher Erkenntnisse und deren Kommunikation brauchen. Mehr als ein Drittel der Chemielehramtsstudierenden nennen als zentrale Einsicht eine kritische Auseinandersetzung mit Medien, insbesondere im Hinblick auf ihre jeweilige Aussagekraft unter bestimmten Bedingungen. Als besondere Herausforderung gibt die Mehrheit der Probanden die Recherche adäquater Informationen und Quellen an.

Die Auswertung der beiden Interviews unterstützt die schon vorgestellten Erkenntnisse. Am Anfang waren viele der Chemielehramtsstudierenden der Meinung, dass die Wissenschaft die Grenzwerte festlegt. Das Verständnis dafür, dass es sich hierbei um einen diskursiven und kontroversen gesellschaftlichen Entscheidungsprozess handelt, veranschaulicht das folgende Zitat:

Spannend ist irgendwie hinter dem Hintergrund, wie die entstehen, also irgendjemand muss ja gesagt haben: Ja, ab diesem Grenzwert, ab da wird es schädlich. Und es ist ja auch vor allem dann im Endeffekt eine Entscheidung, die ja Handlungen, im politischen Kontext irgendwie, ja anwerfen und die müssen ja von irgendwelchen Experten erschaffen sein und die kommen vor allem aus dem Gesundheitssektor und aus dem naturwissenschaftlichen Sektor irgendwie (V2_AQY987G_I).

Es erfüllt das Ziel, dass sich eine kritische Haltung zu medialen Aussagen gebildet und auch Auswirkungen auf das individuelle Leben hat. Die Studierenden werden da abgeholt, wo sie stehen, und können sich durch das Lehrangebot weiterentwickeln. Die Chemielehramtsstudierenden untereinander stehen in diesem Seminar in ausführlichem diskursivem Austausch und wirken gegenseitig auch als Korrektiv und Impulsgeber. Dies wird anhand folgender Aussage deutlich:

Ja. Ich merke auf jeden Fall, dass schon die Tatsache, dass man sich irgendwie mit so einem Thema, sei es jetzt Luftschadstoffe oder alles, was mit Klima oder Umwelt zu tun hat, wenn man sich einmal damit irgendwie beschäftigt hat, dass man auch danach irgendwie sich noch einmal so Themen, wenn sie einem irgendwie dann begegnen, sei es in Medien oder sowas, (.) dass nicht der erste Impuls ist: ‚Achso, ja das ist so.‘, sondern: ‚Aha, ist das so?‘ (V2_AQY987G_I).

3.2.4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Zur Beantwortung der Fragestellung zu SChemTeC kann Folgendes konstatiert werden: Ein Großteil der Chemielehramtsstudierenden konnte die in der ersten Vorstudie gezeigten *Defizite* sowohl im chemischen Wissen als auch im Grenzwertwissen *reduzieren*. Die Lehrveranstaltung SChemTeC konnte den Chemielehramtsstudierenden somit eine Hilfe bei den Kompetenzerweiterungen sein, was sich mit den auf Kooperation und Diskussion ausgelegten didaktischen Lehr-Lernsituationen erklären lässt. An den Interviews und Reflexionsaufgaben zeigte sich, dass erste Fortschritte im reflektierten Umgang mit Daten- und Informationsquellen erzielt worden sind. Bisher unberücksichtigte SSI-Aspekte, wie die Reflexion naturwissenschaftlicher Methoden zur Erkenntnisgewinnung oder die Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen sowie Möglichkeiten des einzelnen

Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen, werden in Folgestudien nun stärker in den Blick genommen. Obwohl die einzelnen Aussagen in den Interviews bereits eine Weiterentwicklung in der Reflexion zeigen, bleibt das Grenzwertwissen in den Fragebögen weiterhin ausbaufähig. Um sich dem anzunehmen, wird im Seminar zum einen anstelle der Messung ein stärkerer Fokus auf die Grenzwertdiskurse gelegt, das heißt bspw. Fragen danach, wie diese in einem kontroversen Prozess von der Politik unter Einbeziehung wissenschaftlicher Erkenntnisse und weiterer gesellschaftlicher Perspektiven festgelegt werden. Darüber hinaus wird dieses erarbeitete (Grenzwert-)Wissen von den Studierenden in Concept-Maps zur Vernetzung festgehalten. Im Rahmen des Dissertationsprojekts sollen andere SSI-Themen (wie Mikroplastik oder Nitratbelastungen) herangezogen werden, um Seminare mit weiteren Studierenden mit dem Ziel durchzuführen, sie zur Vermittlung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung zu befähigen. In Bezug auf den Umgang mit Daten und Informationsquellen ist angedacht, den Fragebogen hinsichtlich einer Frage danach, welche Quellen zur Beantwortung der Fragen herangezogen worden sind, zu erweitern. Dadurch soll ein Einblick in die Auswahl von Quellen unter Einfluss der Intervention ermöglicht werden.

In den folgenden Erhebungen werden auch die Interviews mit einem deduktiv abgeleiteten Kategoriensystem ausgewertet. Ebenso soll untersucht werden, inwiefern der Studienfortschritt einen Einfluss auf die Befähigung zur Partizipation an und zur Vermittlung von SSI-Diskursen hat. Darüber hinaus ist dieses Seminar als vierstündiges Projektseminar durchgeführt worden: Hier stellt sich die Frage, ob die Inhalte der verschiedenen Phasen auch in einem anderen Seminarkonzept, wie einem zweistündigen Fachdidaktikseminar, vermittelt werden können. Die Phase der Handlungsorientierung ist in dieser zweiten Vorstudie kurz und inhaltlich überschaubar konzipiert, weshalb in Folgestudien die Inhalte dieser Phase ausgebaut werden sollen – bspw. durch die Reflexion von Begründungszusammenhängen oder einer kompetenzorientierten Aufgabenkultur. Aufgabe der Folgestudien wird es sein, die entworfenen Lernarrangements analytisch zu fassen und die verschiedenen Sichtweisen im Sinne von Perspektiven zur Vermittlung einer SSI bezogenen partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung zu erheben.

Die verschiedenen Phasen des Seminars werden in ihrer Intention beibehalten, doch werden in den Hauptstudien andere Bezeichnungen verwendet und die Phasen selbst erweitert. Die Bezeichnung für die Phase *Wissensaneignung* blieb erhalten, die anderen Phasen erhielten die Bezeichnungen *Vermittlung anbahnen* und *Vermittlung reflektieren*, da der Schwerpunkt auf die Vermittlungskompetenzen gelegt wurde und nicht mehr, wie in der zweiten Vorstudie SCChemTeC, die Bezeichnung eines (didaktischen) Prinzips dominierend sein sollte. In der zweiten Vorstudie hieß die jetzige

Seminarphase Vermittlung reflektieren nur Evaluation, doch greift diese Bezeichnung zu kurz: Die Lernarrangements werden nicht nur evaluiert, sondern aufbauend auf eine Evaluation einem reflektierten Optimierungsprozess unterzogen. Die Phase Wissensaneignung hat sich in den Teilstudien des Forschungsprojekts namentlich nicht, wohl aber inhaltlich gewandelt, der Schwerpunkt liegt nicht mehr auf dem Messen von Grenzwertvorgaben, sondern auf den mit Grenzwerten verbundenen Diskursen und Entscheidungsprozessen.

3.3 Ableitung von Forschungs- und Untersuchungsfragen

Im Rekurs auf den in den vorangegangenen Kapiteln reflektierten Forschungsstand und die Vorstudien kann konstatiert werden, dass sich Forschungslücken ergeben, die sich in fünf verschiedene Bereiche differenzieren lassen, die im Folgenden genannt und direkt im Anschluss ausgeführt werden.

Forschungslücke 1: Ein empirisch erprobtes Seminarkonzept für Chemielehramtsstudierende zur Verzahnung von relevanten fachlichen Aspekten von SSI (im Forschungsprojekt innerhalb der Seminarphase *Wissensaneignung*) mit partizipationsorientierten fachdidaktischen Aspekten (im Forschungsprojekt innerhalb der Seminarphase *Vermittlung anbahnen*) zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung als Beitrag zu einer demokratischen Allgemeinbildung existiert nicht und ist notwendig.

Bezogen auf Forschungslücke 1 kann festgehalten werden, dass dieses Seminarkonzept konkret an Lehrende gerichtet ist, die als Multiplikator*innen viele Lernende erreichen können. Diese Befähigung zur Vermittlung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI erfolgt nicht nur über die Reflexion fachdidaktischer Aspekte, sondern schließt fachwissenschaftliche und interdisziplinäre Wissensbestände, die notwendig für die Einschätzung von SSI sind, ein. Dabei stehen die Chemielehramtsstudierenden im Fokus: Sie erarbeiten sich die Inhalte unter Begleitung des Dozierenden weitestgehend selbstständig in Gruppen. Dabei ist die Langzeitaufgabe im Rahmen der Seminarphase Wissensaneignung die Erstellung und Erweiterung einer Concept-Map mit zentralen Erkenntnissen zur Strukturierung der verschiedenen, als relevant erachteten, Wissensbestände. Die inhaltliche Erschließung von SSI folgt konzeptionell einer Vision II der naturwissenschaftlichen Grundbildung nach Roberts (2007), denn gesellschaftliche Dimensionen werden durch die Fokussierung auf die Ermöglichung von Partizipation explizit berücksichtigt. Die ausgewählten SSI stellen im Zuge einer bildungstheoretischen Didaktik einen sinnhaften Gegenstand dar, weil es sich bei ihnen um epochaltypische Schlüsselprobleme handelt. Daher ermöglichen sie den Chemielehramtsstudierenden, fachbezogene Zugänge exemplarisch kategoriale Bildungsprozesse zu konzeptualisieren, die auf die Verwirklichung einer kategorialen Bil-

dung abzielen. Die Ermöglichung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung wird hier fachdidaktisch über die Idee der handlungsorientierten Arbeitsaufträge (Anton & Reiners, 2023; Anton & Reiners, 2024) den Chemielehramtsstudierenden vorgestellt und sie erhalten in einem geschützten Raum die Möglichkeit, handlungsorientierte Arbeitsaufträge in ein Lernarrangement eingebettet zu formulieren und zu begründen, wodurch die angehenden Lehrenden Angebote zur Befähigung in Bezug auf die mit der Kompetenzorientierung einhergehende neue Aufgabenkultur erfahren. Im Seminar reflektieren die Chemielehramtsstudierenden also verschiedene Formen von partizipativem Handeln in Bezug auf SSI im Rahmen von handlungsorientierten Arbeitsaufträgen.

Dieses Seminarkonzept fokussiert die von Kinskey und Zeidler (2020) beschriebenen Zielperspektiven von Lehrenden zur Vermittlung von SSI. Es geht insofern über deren Erkenntnisse hinaus, als dass das Seminar eine Möglichkeit im Sinne eines Weges zum Aufbau von Kompetenzen bei Lehrenden operationalisiert und empirisch untersuchbar macht. Aufgrund ihrer inhaltlichen Mannigfaltigkeit lassen sich mit SSI im Chemieunterricht Kompetenzen aus allen vier Kompetenzbereichen anbahnen, daher ist eine Thematisierung in der Chemielehramtsbildung entsprechend gewinnbringend, denn dann sind in der Konsequenz angehende Chemielehrkräfte sowohl inhaltlich als auch fachdidaktisch in der Lage, diese später im Chemieunterricht zu vermitteln. Dazu können für die angehenden Lehrenden nicht die Kompetenzziele für die Lernenden aus der Schule (wie die Bildungsstandards (KMK, 2005; KMK, 2019; KMK, 2024)) gelten, sondern sie müssen darüberhinausgehend in die Lage versetzt werden, sich SSI und ihre Implikationen zu erarbeiten. Durch die Umsetzung einer hohen Aktivität der Chemielehramtsstudierenden im Seminar soll diese Lücke durch dialogische und selbstständige Arbeitsphasen gefüllt werden. SSI-Themen haben in ihrer Natur immer einen Bezug zur Politik, da sie zur Bewältigung eine politische Entscheidung fordern. Dies macht es notwendig, dass Chemielehramtsstudierende mit den Geboten des Beutelsbacher Konsenses in Berührung kommen, welcher ein bestimmtes Verhalten von Lehrkräften bei der Thematisierung politischer Themen fordert und von ihnen ein entsprechend sensibles Verhalten verlangt. Dieses Seminar nimmt sich dieser Leerstelle an und folgt damit dem Ziel, dass Chemieunterricht aus einer fachlichen Perspektive heraus die Grundlagen für eine eigenständige, kritische und mündige Orientierung zu bieten hat. Kompetenzen für diese Orientierung können im Chemieunterricht angebahnt werden, wenn die Lehrenden sich auch der verschiedenen Formen des politischen Handelns nach Massing (2013) bewusst sind und die Lernprozesse diesbezügliche Anforderungssituationen für die Lernenden enthalten.

Ein Chemieunterricht, der SSI als Gegenstand hat, unterscheidet sich zwangsläufig in den konkreten Schritten der fachdidaktischen Gestaltung von Chemieunterricht – insofern, als dass kommunikative und dialogische Methoden, wie eine Fish-Bowl-Diskussion, zu ausgewählten SSI-Aspekten Beiträge zur Kompetenzentwicklung stiften. Damit solcherlei fachdidaktische Gestaltungen von Lehrenden adäquat begründet werden können, stellen die zu entwickelnden Lernarrangements eine Trainingssituation in einem geschützten Raum und unter fachlicher Begleitung dar. Durch diesen Ansatzpunkt werden die in der Literatur genannten Hindernisse zur Gestaltung von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen, wie der Mangel an Ressourcen und Werkzeugen, abgebaut. Durch die im Seminar entwickelten Lernarrangements erhalten die Chemielehramtsstudierenden außerdem Zugang zu einem Materialkorpus. Das Seminar möchte den angehenden Chemielehrenden insofern eine Unterstützung sein, als dass sie hier mit verschiedensten Möglichkeiten zur Gestaltung von kompetenzorientierten Lernprozessen in Kontakt kommen und sich unter fachdidaktischer Begleitung konzipierend auseinandersetzen, um ein Fundament für ihren späteren Lehrer*innenalltag zu haben. Denn die Schulreform der Kompetenzorientierung geht mit einer Offenheit für die Lehrenden in der Gestaltung der Wege des Kompetenzerwerbs einher, die die Lehrenden herausfordern kann (Lersch & Schredder, 2013).

Forschungslücke 2: Um inhaltlich ein innovatives Lernangebot zu den verschiedenen Implikationen ausgewählter SSI und zum gesellschaftlichen Umgang mit Risiken zu ermöglichen, wird in der Seminarphase Wissensaneignung ein Zugang anhand von Diskussionen über (mögliche) Grenzwerte und deren Setzung gewählt.

Forschungslücke 2 bezieht sich auf die Gestaltung des Lernangebots durch die Thematisierung von Risiken und dem gesellschaftlichen Umgang mit ihnen. Gerade durch die Berücksichtigung von verschiedenen Perspektiven auf mögliche Grenzwerte kann im Chemieunterricht Demokratiebildung erfolgen, denn die Chemielehramtsstudierenden können hier exemplarisch gesellschaftliche Entscheidungsprozesse und beteiligte Akteure analysieren. Damit wird durch ein konkretes Lernangebot das demokratische Argument (Driver et al., 1996) fokussiert. Der Zugang zur Reflexion politischer Entscheidungen unter Abwägung von verschiedenen Positionen und Folgen von Risiken über Diskurse um Grenzwerte ermöglicht den Chemielehramtsstudierenden exemplarisch Verhältnisse von Naturwissenschaften, Gesellschaft und Politik zu analysieren und damit einhergehende Geltungsansprüche zu analysieren, um an individuellen und kollektiven Entscheidungsprozessen zielführend mitbestimmen zu können (Christensen, 2009).

Forschungslücke 3: Um die Vermittlungskompetenzen der Chemielehramtsstudierenden zu untersuchen, planen und reflektieren die Chemielehramtsstudierenden unter Anleitung konkrete Lernarrangements (Instrumentcharakter der Lernarrangements).

Forschungslücke 3 bezieht sich auf den Instrumentcharakter von Lernarrangements, denn es gibt verschiedene Ansätze, die Planungskompetenzen von Chemielehrenden zu erheben, doch handelt es sich dabei meist um die Untersuchung von Unterrichtsentwürfen als Planungsprodukte aus dem Referendariat, die jedoch nicht unter konkretem SSI-Bezug stehen. Untersuchungen zu den Kompetenzen von Chemielehramtsstudierenden zur Planung von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen liefern diagnostische Einblicke, die wiederum in späteren Phasen der Lehrer*innenbildung interventionistisch aufgegriffen werden können. Die entwickelten Lernarrangements erlauben einen Einblick in die bei Chemielehramtsstudierenden vorhandenen Kompetenzen zur Planung von SSI-bezogenen Lernprozessen. Diese Erhebungsart ist, im Vergleich zu Erhebungen in zeitlich begrenzten Testsituationen (Seiler, 2021), näher an der Realität von planenden Lehrer*innen, denn die Chemielehramtsstudierenden können sie sich hier mit anderen Kolleg*innen austauschen und die Arbeit am Planungsprodukt flexibel einteilen.

Forschungslücke 4: Um die Chemielehramtsstudierenden exemplarisch zur didaktischen Transformation von SSI zu befähigen, planen und reflektieren sie unter Anleitung konkrete Lernarrangements (Befähigungscharakter der Lernarrangements).

Forschungslücke 4 bezieht sich auf den Befähigungscharakter von Lernarrangements. Hiermit will das Seminar dem sogenannten Praxisschock im Referendariat entgegenwirken, indem die Chemielehramtsstudierenden schon im Studium Lernprozesse begründet und unter fachdidaktischer Begleitung planen lernen (Plöger, 2008). Die Chemielehramtsstudierenden können durch dieses Seminar lernen, dass Planen auch ein Abwägen zwischen verschiedenen Alternativen impliziert. Gerade im Zuge der Kompetenzorientierung ist für Lehrende das Arrangieren von Kompetenzanforderungssituationen eine herausfordernde Aufgabe. Durch die Konstruktion der Lernarrangements erhalten die Chemielehramtsstudierenden schon im Studium Möglichkeiten, sich in Aspekte des Planens einzufinden und erste Schritte diesbezüglich zu gehen. Der Ansatz über Lernarrangements ermöglicht dabei, nicht nur eine einzelne Stunde zu betrachten, sondern Kompetenzerwerbe entlang einer Sequenz von Unterrichtsstunden logisch fortführend zu planen. Gerade beim Arrangieren von Lernarrangements, welche sequenziell angelegt sind, ist eine Planung beginnend mit kompetenzorientierten und SMART-formulierten Zielen unerlässlich, andernfalls ist der logisch fortgeführte Kompetenzerwerb gefährdet. Eine solche Herangehensweise ermöglicht es auch, die einzelnen Dimensionen des ICAP-Modells in die partizipationsorientierten Anforderungssituationen

einzubauen, denn auch diese sind eine logische Fortführung eines partizipationsorientierten Kompetenzerwerbs.

Forschungslücke 5: Um einen Beitrag zur defizitären Forschung zu empirischen Untersuchungen von Unterrichtsplanungen im Allgemeinen und bezogen auf den Chemieunterricht im Besonderen zu leisten, wird ein Analyseschema für Lernarrangements zur Vermittlung einer SSI-bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung zum einen entwickelt, zum anderen empirisch erprobt.

Forschungslücke 5 leistet durch dieses deduktiv abgeleitete Analyseschema einen Beitrag zur Diskussion um die Einschätzung von Planungsprodukten. Dabei erhebt es keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit, sondern fokussiert sich auf SSI bezogene Vermittlungsprozesse. Gleichwohl können dennoch allgemeingültige Merkmale, etwa mit Bezug auf Ziele, gezogen werden. Mit Blick auf diese Desiderate und die theoretischen Reflexionen werden vier Annahmen abgeleitet. Hervorzuheben ist, dass es sich bei diesen Annahmen nicht um Forschungshypothesen handelt. Sie bauen zwar auf Vorwissen auf, welches von anderen Wissenschaftler*innen oder im Vorgriff auf diese Studie erzeugt worden ist, doch ist dieses aufgrund der Verschiedenheit im Hinblick auf die Aussagekraft und Erhebungssituationen nicht als „ausreichend gesichert“ (Döring & Bortz, 2016, S. 145) einzuschätzen. Folgende Annahmen sind aus der Literatur mit Blick auf die Leitfrage des Forschungsprojekts formuliert worden und berücksichtigen Lücken, die diese Forschung, zumindest zum Teil, zu schließen vermag.

Annahme 1: Auf gesellschaftliche Herausforderungen (SSI) anwendbares chemisches Wissen fehlt jungen Menschen, dennoch besteht eine Motivation für eine fachliche Auseinandersetzung mit SSI und Nachhaltigkeitsthemen (vgl. etwa: BMU, 2018; BMU, 2020; BMU, 2022; Frick et al., 2023; Gossen et al., 2016; Eggert et al., 2013; Zeidler, Sadler et al., 2009; Zohar & Nemet, 2002; Yager et al., 2006). Daher ist es notwendig, in der Chemielehrer*innenbildung für angehende Chemielehrer*innen Lernsituationen zu schaffen, in denen sie dieses Wissen zielgerecht aufbauen und erweitern können.

Annahme 2: Für junge Menschen ist es schwierig naturwissenschaftliche Erkenntnisse und deren Geltungsgrenzen angemessen einzuschätzen, ihnen fehlt ein NoS-Wissen und Medienkompetenzen (vgl. etwa Kolstø, 2001b; Diez & Heisenberg, 2020; Bell & Lederman, 2003; Clough, 2007; Driver et al., 1996; Lederman, 2007; Müller, 2021; Höttecke & Allchin, 2020; Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Eastwood et al., 2012; Bromme, 2020; Karisan & Zeidler, 2016; Thomas & Durant, 1987). Gerade bei SSI werden NoS-Aspekte relevant, um eine begründete Position zu erlangen.

Annahme 3: Eine Abschätzung von Risiken zu SSI ist komplex und fordert Bürger*innen aufgrund von Interdisziplinarität heraus, daher sollte in der Schule auf Risiken und deren gesellschaftlicher Umgang eingegangen werden. Grenzwerte als zentrales Instrument des Umgangs mit Risiken eignen sich exemplarisch zur Förderung von verschiedensten Aspekten zu Risiken bei Lehrkräften (vgl. etwa: Cross, 1993; Solomon, 2003; Christensen, 2009; Hancock et al., 2019; Eijkelhoff, 1986; Kolstø, 2006; Pietrocola et al., 2020; Wiedemann, 1998; Hansen & Hammann, 2017; Fensham, 2012).

Annahme 4: Eine SSI bezogene partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung hat spezifische Anforderungen, diese müssen den Lehrenden in ihrer Qualifizierung bewusst gemacht werden. Auch Chemieunterricht hat die Aufgabe, zu einer demokratischen Meinungsbildung durch Partizipationsprozesse beizutragen. Handlungsorientierte Arbeitsaufträge stellen eine Möglichkeit dar, Lernende im Unterricht zu gemeinschaftlichem partizipativem Handeln anzuregen (vgl. etwa: Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014; Hodson, 2014b; Elam & Bertilsson, 2003; Bossér et al., 2015; Chen & Xiao, 2021; KMK, 2005; KMK, 2020; MSB NRW 2019; MSB NRW, 2022; OECD, 1999; OECD, 2019; Siarova et al., 2019; Zeidler, 2014).

Vor dem Hintergrund der Forschungslücken und dieser vier Annahmen gilt es, eine Leitfrage für das Projekt und Forschungsfragen für die Studien abzuleiten. Eines der zentralen Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, die dazu befähigt, naturwissenschaftliches Wissen zu nutzen, um die Welt zu verstehen und bei gesellschaftlich relevanten Entscheidungsprozessen diskursiv zu partizipieren (OECD, 1999). Um diesen Herausforderungen begegnen zu können, bedarf es der Vermittlung einer SSI bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung, die im Fach Chemie den Chemielehrer*innen obliegt. Allerdings müssen zunächst die Chemielehrer*innen selbst im Hinblick auf die Voraussetzungen zur Partizipation an gesellschaftlich relevanten Diskursen befähigt werden (Zeidler, 2014). Die Idee der naturwissenschaftlichen Grundbildung impliziert als vorauszusetzende notwendige Bedingung, dass sowohl die mit dem SSI einhergehende Problematik fachlich analysiert als auch an gesellschaftlichen Diskursen zu Umgangsweisen mit dem jeweiligen SSI zielführend partizipatorisch mitgewirkt werden kann. Als konkrete Voraussetzungen des Forschungsprojekts zur Erreichung dieser Partizipation bedeutet dies, dass Kompetenzen zur Anwendung sowohl des erworbenen chemischen Fachwissens als auch des Wissens über Grenzwerte als Steuerungselemente der Politik als auch des Wissens zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissen-

schaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an Diskursen um ausgewählte SSI vorhanden sein müssen. Darauf aufbauend müssen als hinreichende Bedingung Kompetenzen vorhanden sein, das entsprechende Problem in die Unterrichtspraxis transformieren zu können und zu wollen. Um diese Kompetenzen schon bei angehenden Chemielehrer*innen zu fördern, ergibt sich als eine Möglichkeit, dies durch ein spezielles Lehrangebot im Kontext ihrer fachdidaktischen Bildung an der Universität umzusetzen. Da zur Förderung von Kompetenzen zur Vermittlung einer partizipationsorientierten und SSI bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung wiederum Kompetenzen zur Partizipation an SSI voraussetzend impliziert werden, gilt für dieses Forschungsprojekt die folgende Leitfrage:

Wie können Chemielehramtsstudierende durch ein spezielles Lehrangebot gefördert werden, eine naturwissenschaftliche Grundbildung anhand von SSI zu vermitteln?

Aufbauend auf diese Überlegungen zu Forschungslücken und theoretisch abgeleiteten Annahmen sowie vor dem Hintergrund der Leitfrage lautet die erste übergeordnete Forschungsfrage (Döring & Bortz, 2016) zur Befähigung zur Partizipation an Entscheidungsprozessen an exemplarischen SSI:

Forschungsfrage 1 (F1): Inwiefern lassen sich Chemielehramtsstudierende zur Partizipation an Diskursen um Mikroplastik (bzw. Schadstoffe in der Luft) als SSI, unter Berücksichtigung von Grenzwerten, befähigen?

Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass in diesem Forschungsprojekt verschiedene SSI genutzt worden sind, um themenspezifische Besonderheiten gegeneinander abzuwägen. Konkret wurden zur Beantwortung dieser Forschungsfrage Diskurse um Mikroplastik und um sogenannte Schadstoffe in der Luft am Beispiel von Emissionen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs perspektiviert. Um diese Forschungsfrage zu beantworten, muss sie in einzelne Untersuchungsfragen, die spezifisch auf bestimmte Bereiche fokussiert sind, differenziert werden. Hierzu sind als erstes drei Untersuchungsfragen als einzelne Wissensbereiche zur Ermöglichung von Partizipation zu nennen:

Untersuchungsfrage 1.1 (U1.1): Über welches *chemische Fachwissen* verfügen Chemielehramtsstudierende in Bezug zur Partizipation an Diskursen von *Mikroplastik (bzw. Schadstoffen in der Luft)* als SSI vor und nach der Intervention?

Untersuchungsfrage 1.2 (U1.2): Über welches *Wissen über Grenzwerte* verfügen Chemielehramtsstudierende in Bezug zur Partizipation an Diskursen von *Mikroplastik (bzw. Schadstoffen in der Luft)* als SSI vor und nach der Intervention?

Untersuchungsfrage 1.3 (U1.3): Inwiefern findet durch Chemielehramtsstudierende eine *Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse* zur Partizipation an Diskursen von *Mikroplastik (bzw. Schadstoffen in der Luft)* als SSI vor und nach der Intervention statt?

Diese drei Untersuchungsfragen zielen darauf ab, Veränderungen durch die Lehrveranstaltung im Hinblick auf die verschiedenen Wissensbereiche jeweils zu messen. Die Forschungsfrage bezieht sich auf alle Chemielehramtsstudierenden, gleichwohl werden durch sie auch die Chemielehramtsstudierenden einzeln unter Berücksichtigung aller drei Wissensbereiche fokussiert. Dadurch können auch Veränderungen bei einzelnen Proband*innen hin zu einer Ermöglichung von Partizipation aus einer globalen Perspektiven betrachtet werden.

Wenn die Befähigung zur Partizipation an SSI betrachtet wird, ist es notwendig, dass untersucht wird, welche Informationsquellen die Studierenden zur Orientierung heranziehen. Denn Probanden können auf eine Vielzahl von Informationsquellen zugreifen, einschließlich Lehrbücher, Online-Ressourcen, soziale Medien, wissenschaftliche Artikel und persönliche Erfahrungen. Die Untersuchung dieser Quellen ermöglicht es, die Bandbreite der für die Chemielehramtsstudierenden verfügbaren Informationen nachzuvollziehen und potenzielle Einflüsse auf die naturwissenschaftliche Bildung zu identifizieren. Es ist relevant, die Qualität und Verlässlichkeit der Informationsquellen zu bewerten, da nicht alle Quellen gleichwertig sind. Ein kritischer Blick auf die Genauigkeit, Aktualität und Glaubwürdigkeit von Informationen kann dazu beitragen, sicherzustellen, dass die Probanden auf zuverlässige Ressourcen zurückgreifen, um fundierte wissenschaftliche Kenntnisse zu erlangen. Da für die Ermöglichung von Partizipation im Seminar auch auf die verschiedenen Informationsquellen und ihre Aussagefähigkeiten eingegangen wird, lohnt es sich, diesbezügliche Veränderungen zu untersuchen. Ebenso können Informationsquellen die Einstellungen und Meinungen der Probanden gegenüber naturwissenschaftlichen Themen beeinflussen. Eine Untersuchung ermöglicht es, potenzielle Quellen von Voreingenommenheit oder Fehlinformation zu erkennen und deren Auswirkungen auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu verstehen. Gleichwohl ist der Beitrag dieser Untersuchungsfrage zur Beantwortung der Forschungsfrage von geringerem Gehalt als jener der anderen Untersuchungsfragen, weil sich diese auf konkretes Wissen beziehen und weniger deskriptiv sind. Auf Grundlage dieser Überlegungen ist die folgende Untersuchungsfrage abgeleitet worden:

Untersuchungsfrage 1.4 (U1.4): Welche Informationsquellen werden zur Beantwortung der Fragen aus dem Fragebogen von den Chemielehramtsstudierenden herangezogen?

Durch eine Thematisierung von SSI können Lernende im Chemieunterricht zur Partizipation an zunehmend wissenschaftlich geprägten, gesellschaftlichen Diskursen und Entscheidungsprozessen fachlich begründet angeleitet werden. Um diese Prämisse einzulösen, bedarf es den Chemielehrer*innen neben Kompetenzen, um selbst an SSI zu partizipieren (F1), auch an Kompetenzen zur

Vermittlung von SSI. Daher wurde aus den Desideraten, Annahmen und theoretischen Reflexionen die folgende, auf Kompetenzen zu Vermittlung von SSI bezogene, Forschungsfrage 2 (F2) abgeleitet:

Forschungsfrage 2: Inwiefern lassen sich über SSI bei Chemielehramtsstudierenden Kompetenzen zur begründeten Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand des Themas *Mikroplastik (bzw. Nitrate)* fördern?

Auch hier gilt es, um themenspezifische Effekte abzumildern, zu berücksichtigen, dass als SSI Mikroplastik und Nitrate verwendet worden sind. Einerseits müssen die Chemielehramtsstudierenden zur konkreten didaktischen Transformation in die Unterrichtspraxis fähig sein, andererseits, da pädagogische Überzeugungen ihr Handeln leiten, über entsprechende volitionale Bereitschaften verfügen. Daher wurde die folgende Untersuchungsfrage (U2.1) zur Untersuchung der Lernarrangements der Chemielehramtsstudierenden durch Forschende als Fremdeinschätzung abgeleitet:

U2.1: Wie adäquat sind die zum Thema *Mikroplastik (bzw. Nitrate)* konstruierten Lernarrangements der Chemielehramtsstudierenden in Bezug auf die mit SSI einhergehenden Implikationen zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung begründet?

Diese Untersuchungsfrage 2.1 zielt darauf ab, auch qualitative Aussagen über die gestalteten Lernarrangements machen zu können – und dies auf einer ordinalskalierten Skala über Selbsteinschätzungen hinaus. Es geht dabei nicht nur darum, zu untersuchen, ob ein gewisser Aspekt vorhanden ist oder nicht, sondern darum, wie stark ein gewisser Aspekt ausgeprägt ist. Da neben dieser Untersuchung der Planungsprodukte auch die Sichtweisen der Chemielehramtsstudierenden zur Vermittlung von SSI eine maßgebliche Komponente zur zukünftigen Umsetzung einer solchen naturwissenschaftlichen Grundbildung sind, gilt es, die verschiedenen Perspektiven zu untersuchen. Dabei lassen sich drei Bereiche differenzieren: 1. Grundsätzliche Einstellungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über Mikroplastik (bzw. Nitrate) als SSI (U2.2), 2. Aspekte, die die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über Mikroplastik (bzw. Nitrate) als SSI einschränken (U2.3), 3. Was den Chemielehramtsstudierenden bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über Mikroplastik (bzw. Nitrate) als SSI wichtig ist (U2.4). Auf Grundlage dieser differenzierten Bereiche sind die folgenden Untersuchungsfragen abgeleitet worden:

U2.2: Welche grundsätzlichen Einstellungen haben die befragten Chemielehramtsstudierenden bezüglich der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas *Mikroplastik (bzw. Nitrate)*?

U2.3: Welche Aspekte führen die befragten Chemielehramtsstudierenden an, die aus ihrer Sicht die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas *Mikroplastik (bzw. Nitrate)* einschränken?

U2.4: Was ist den Chemielehramtsstudierenden bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas *Mikroplastik (bzw. Nitrate)* besonders wichtig und was gilt es aus ihrer Sicht zu beachten?

4 Konzeption des Forschungsprojekts

In diesem Kapitel wird die *Konzeption des Forschungsprojekts* dargestellt, dies geschieht aufbauend auf den theoretischen Grundlagen, den Forschungslücken, der Leitfrage und der Ziele des Forschungsprojekts in der Form von Forschungsfragen. Um die Forschungsfragen beantworten zu können, wurden verschiedene Teilstudien durchgeführt, die im Folgenden vorgestellt werden. Das zur Erweiterung von Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden *entwickelte Lernangebot* in Form eines Seminarkonzepts wird in seiner Konzeption erläutert, dabei wird auf die einzelnen Phasen des Seminars, die verschiedenen SSI, Formate und Adressaten eingegangen. Um die Forschungsfragen beantworten zu können, wurden mit Chemielehramtsstudierenden speziell konzipierte Lehrveranstaltungen durchgeführt.

In Anlehnung an Ragin (1994) wird unter Forschungsdesign die allgemeine Planung zur Erhebung und Auswertung von Daten zur Beantwortung der Forschungsfrage verstanden, dabei berührt das Forschungsdesign „fast alle Aspekte der Forschung von den winzigen Details der Datenerhebung bis zur Auswahl der Techniken der Datenanalyse“ (Ragin, 1994, S. 191). Da in diesem Forschungsprojekt eine Befähigung der Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an und Vermittlung von einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI mit Hilfe eines speziellen Lehrangebots untersucht wird, steht der Vergleich der Kompetenzen der einzelnen Proband*innen vor und nach Intervention sowie die Performanz der Vermittlungskompetenzen aller Proband*innen vor allem durch die verschiedenen Lernarrangements im Fokus. Dabei wird in Anlehnung an Flick (2014) „der Fall nicht in seiner Komplexität und Ganzheit betrachtet, sondern eine Vielzahl von Fällen in Hinblick auf bestimmte Ausschnitte“ (Flick, 2014, S. 179) vergleichend gegenübergestellt. Der Vergleich bezieht sich in dieser Studie sowohl auf die Veränderungsprozesse hinsichtlich der Kompetenzen einzelner Proband*innen, als auch auf die Veränderungsprozesse aller Proband*innen einer Teilstudie, als auch vergleichend entlang der verschiedenen Teilstudien.

Die jeweiligen Proband*innen der Teilstudien werden im Zuge der einzelnen Kapitel beschrieben. Die Methoden zur Datenerhebung und -auswertung werden für dieses Forschungsprojekt allgemein vorgestellt, da die verschiedenen Forschungsfragen in verschiedenen Studien in unterschiedlicher Intensität bearbeitet worden sind. Als Datenerhebungsmethoden zur Beantwortung der Untersuchungsfragen U1.1 bis U1.3 wurden offene Fragebögen im Prä-Post-Design, d. h. zu Beginn und zum Ende der Lehrveranstaltung, und problemzentrierte Interviews eingesetzt. In der ersten Teilstudie wurden auch die offenen Reflexionsaufgaben nach der Phase der Wissensaneignung analysiert. Um die zur Beantwortung der Fragen des Fragebogens verwendeten Quellen erheben

zu können, existiert im Fragebogen eine diesbezügliche Frage. Die Antworten auf diese Frage sollen Beiträge zur Beantwortung der Untersuchungsfrage U1.4 leisten. Zur Beantwortung von Untersuchungsfrage U2.1 wurden zur Datenerhebung die von den Studierenden konstruierten Lernarrangements genutzt. Zur Beantwortung von Untersuchungsfrage U2.2 bis U2.4 wurden die Antworten auf die Vermittlungsfrage in den Fragebögen, Reflexionsaufgaben und Interviews herangezogen. Die Daten wurden qualitativ mit der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015a; ebd., 2015b) ausgewertet. Zur Beantwortung der Untersuchungsfragen U1.1 bis U1.4 wurden die Analyseformen der inhaltlichen Strukturierung und zur Beantwortung der Untersuchungsfrage U1.5 die induktive Kategorienbildung genutzt. Für die Analyse der Lernarrangements im Zuge von Untersuchungsfrage U2.1 wurde die Analyseform der skalierenden Strukturierung herangezogen. Die Untersuchungsfragen U2.2 bis U2.4 zu den Perspektiven zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung unter Verwendung von SSI wurden mit Hilfe der induktiven Kategorienbildung erforscht.

4.1 Rahmenbedingungen und Übersicht über die Teilstudien

In diesem Forschungsprojekt sind zur Beantwortung der Forschungs- und Untersuchungsfragen insgesamt vier Studien in *vier aufeinanderfolgenden Semestern* am Institut für Chemiedidaktik der Universität zu Köln im Kontext der universitären Chemielehrer*innenbildung durchgeführt worden. Um themenspezifische Besonderheiten in den Daten zur Beantwortung der Forschungsfragen auszuschließen, wurden verschiedene SSI als Themen herangezogen. In den Teilstudien der Wintersemester 2020/2021 (Teilstudie 1) und 2021/2022 (Teilstudie 3) wurde als SSI das Thema *Mikroplastik*, im Sommersemester 2021 wurde als Thema *Schadstoffe in der Luft* (Teilstudie 2), das schon in den Vorstudien Verwendung fanden und im Sommersemester 2022 wurden *Nitrate* (Teilstudie 4) als Inhalt der Lehrveranstaltung genutzt.

Die im Kontext des Forschungsprojekts gestalteten Lehrangebote hatten den Zweck, die Vorgaben von Seiten des Curriculums der Lehramtsstudiengänge zu erfüllen. Es handelt sich daher nicht um eine Laborsituation, die nur zu Forschungszwecken erschaffen worden ist, sondern es ist eine Realsituation, die mit curricularer Lehre verbunden ist. Daraus folgen Chancen und Herausforderungen für das Forschungsprojekt: denn einerseits können in realen Situationen authentische Daten erhoben werden, dennoch dominieren Vorgaben der Lehramtsprüfungsordnungen die Forschungszwecke. Konkret auf dieses Forschungsprojekt bezogen lässt sich dies anhand von Teilstudie 2 illustrieren: Hier war es im Sommersemester 2021 aufgrund der konkreten Rahmenbedingungen am Institut für Chemiedidaktik der Universität zu Köln nicht möglich, in diesem Seminar Mo-

dulabschlussprüfungen abzulegen. Diese Rahmenbedingung hatte Konsequenzen für das Forschungsprojekt, denn die Modulabschlussprüfungen in Form von schriftlichen Hausarbeiten zur Begründung der entwickelten Lernarrangements sind das zentrale Erhebungsinstrument zur Beantwortung von Forschungsfrage 2. In diesem Seminar konnten nur die materialen Gestaltungen der Lernarrangements erhoben werden, die jedoch mit den Lernarrangements der anderen Teilstudien nicht vergleichbar sind. Einzig die Einschätzungsdimensionen Quellenarten im Vermittlungsprozess und handlungsorientierte Arbeitsaufträge ließen sich in dieser Teilstudie 2 kodieren. Da es sich hierbei nur um zwei der fünf Einschätzungsdimensionen handelt, können zur Beantwortung von Forschungsfrage 2 keine kohärenten Aussagen getroffen werden. Aus diesem Grund wird in Bezug auf Teilstudie 2 nur die Forschungsfrage 1 betrachtet. Um jedoch Forschungsfrage 2 nicht nur anhand des SSI Mikroplastik, der leitend für die Teilstudien 1 und 3 war, zu beantworten, ist in Teilstudie 4 der SSI Nitrate bearbeitet worden. Besonders aufgrund der hohen Anzahl an Teilstudien und des Umfangs der Daten leistet Teilstudie 4 nur einen Beitrag zur Beantwortung von Forschungsfrage 2.

Tabelle 7: Übersicht über die Durchführung des Forschungsprojekts in den einzelnen Teilstudien im Hinblick auf SSI, Beiträge zur Forschungsfrage, die durchgeführten Seminarphasen sowie die eingesetzten Erhebungsinstrumente. *Legende: Wa: Wissensaneignung, Va: Vermittlung anbahnen, Vr: Vermittlung reflektieren, Fb: Fragebögen, I: Interviews, R: Reflexionsaufgaben, La: Lernarrangements, MAP: Modulabschlussprüfung als Hausarbeit, MG: Materiale Gestaltung der Lernarrangements.*

Teilstudie	1	2	3	4
SSI der Teilstudie	Mikroplastik	Schadstoffe in der Luft	Mikroplastik	Nitrate
Abkürzung	MP1	SidL	MP2	Ni
Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfrage(-n)	1 & 2	1	1 & 2	2
Durchgeführte Seminarphasen	Wa Va Vr	Wa Va Vr	Wa Va Vr	Wa Va
Eingesetzte Erhebungsinstrumente	Fb I R La als MAP	Fb I La als MG	Fb I R La als MAP	Fb I R La als MAP

Dabei unterscheiden sich die verschiedenen Lernangebote hinsichtlich ihrer Themen, als auch im Hinblick auf den Studienfortschritt der Probanden, die Lehrveranstaltungsformate und die Forschungsfragen. Die Ergebnisse von Teilstudie 1 und 3 sind in Bezug auf beide Forschungsfragen vergleichbar. Die Ergebnisse von Teilstudie 2 sind mit denen von Teilstudie 1 und 3 vergleichbar in Bezug auf Forschungsfrage 1 und die Ergebnisse von Teilstudie 4 sind mit Teilstudie 1 und 3 vergleichbar in Bezug auf Forschungsfrage 2. In allen Seminaren sind die Seminarphasen Wissens-

aneignung und Vermittlung anbahnen durchgeführt worden. Nur in Teilstudie 4 ist die Seminarphase Vermittlung reflektieren im Vergleich zu den anderen Teilstudien nicht durchgeführt worden.

Die verschiedenen Studien sind in verschiedenen Lehrveranstaltungsformaten durchgeführt worden. Teilstudie 1 und 2 sind im obligatorischen *Projektseminar* (PS) durchgeführt worden, hierbei handelt es sich um eine Pflichtveranstaltung für Chemielehramtsstudierende, die für Studierende des Lehramts für Gymnasien und Gesamtschulen (GG) im Masterstudiengang, für Studierende des Lehramts für Haupt-, Real- und Gesamtschulen (HRGe) und für das Lehramt für Sonderpädagogik (SP) im Bachelorstudiengang angesiedelt ist. In diesem semesterbegleitenden wöchentlich vierstündigen Seminar erhalten die Studierenden im Kontext eines Schüler- und Lehr-Lern-Labors die Möglichkeit, realen Schüler*innen in einem außerschulischen Lernort mit eigens entwickelten Lernangeboten einen Kompetenzerwerb anzubieten – daher wird es als Projektseminar bezeichnet. Aufgrund der COVID19-Pandemie konnten die Schüler*innen nicht an den außerschulischen Lernort kommen, weshalb dieses Seminar dann einen Schwerpunkt auf die ausführliche Entwicklung von Lernangeboten in Form von Lernarrangements gelegt hat. Eine Besonderheit dieses *Lehrveranstaltungsformats* ist, dass nicht nur verschiedene Lehramtsstudiengänge zusammen lernen, sondern sich auch die Studienfortschritte unterscheiden. Dieses Seminar wird häufig von Studierenden des Lehramts GG am Ende ihres Bachelorstudiengangs vor Eintritt in den Masterstudiengang absolviert. Dieses Seminar hat damit einen besonderen Charakter im Vergleich zu Teilstudie 3 und 4, die hinsichtlich ihrer Teilnehmer*innenzusammensetzung homogener im Hinblick auf den Studienfortschritt waren.

Teilstudie 3 wurde im Rahmen des Seminars *Ausgewählte Themengebiete des Chemieunterrichts* (ATdC) durchgeführt. Bei diesem Seminar handelt es sich um für alle Chemielehramtsstudierenden verpflichtenden Seminar zu Beginn des Masterstudiengangs. Alle Studierenden waren in diesem Seminar in ihrem Studium gleich weit fortgeschritten. Dieses Seminar fand semesterbegleitend zweistündig statt. Die Seminare der Teilstudien 1 bis 3 fanden als digitale Lehre aufgrund der COVID19-Pandemie statt. Beim Seminar der 4. Teilstudie handelt es sich um das *Seminar zu fachbezogenen Lern- und Kommunikationsprozessen* (SzfLuK), einer Pflichtveranstaltung im Bachelorstudium für die Studierenden der verschiedenen Lehramtsstudiengänge üblicherweise im vierten Fachsemester und damit im Anschluss an ein Modul zu den Grundlagen der Chemiedidaktik. Diese Lehrveranstaltung fand semesterbegleitend zweistündig statt. Hervorzuheben ist, dass diese Lehrveranstaltung in Präsenz am Institut für Chemiedidaktik im ersten Semester nach den COVID19-Ein-

schränkungen an der Universität stattgefunden hat. In diesem Seminar gab es *festgeschriebene verbindliche Inhalte*, die neben dem Lernangebot des Forschungsprojekts, vermittelt werden mussten. Es handelt sich dabei um die Themen Kompetenzen, Unterrichtskonzepte und Unterrichtsverfahren, Medien sowie Diagnose und Differenzierung. Die Themen Kompetenzen, Medien, Unterrichtskonzepte und Unterrichtsverfahren sind bereits Thema des Lernangebots des Forschungsprojekts, weshalb nur die anderen drei Themen hier eine Veränderung des Seminarplans nach sich zogen. In dieser Teilstudie wurden diese fachdidaktischen Themen grundlegender als in den anderen Teilstudien aufgrund der Vorgaben Gegenstand. In Tabelle 8 ist eine Übersicht über die durchgeführten Studien zu finden.

Tabelle 8: Überblick über die vier durchgeführten Teilstudien, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts besprochen werden. Legende: PS: Projektseminar, ATdC: Ausgewählte Themengebiete des Chemieunterrichts, SzfLuK: Seminar zu fachbezogenen Lern- und Kommunikationsprozessen.

Teil-studie	SSI	Semester	Seminarformat	Semesterwochenstunden	Teilnehmende	Forschungsfragen
1	Mikroplastik	WiSe 20/21	PS	4	16	F1 & F2
2	Schadstoffe in der Luft	SoSe 21	PS	4	15	F1
3	Mikroplastik	WiSe 21/22	ATdC	2	31	F1 & F2
4	Nitrate	SoSe 22	SzfLuK	2	26	F2
					88	

Tabelle 8 enthält die Anzahlen der Seminarteilnehmer*innen, die Zeitpunkte der Erhebungen, Informationen über Seminarformate, Semesterwochenstunden und darüber, zu welchen Forschungsfragen Beiträge geleistet werden.

4.2 Gestaltung des Lehrangebots

Zur Beantwortung der Leitfrage, wie Chemielehramtsstudierende durch ein spezielles Lehrangebot gefördert werden können, eine naturwissenschaftliche Grundbildung anhand von SSI zu vermitteln, wurde in allen Teilstudien die Wirkung des speziellen Lehrangebots als Intervention bei den Chemielehramtsstudierenden untersucht. Dieses *Lehrangebot* ist deshalb speziell, weil es die Förderung von Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden sowohl grundlegend zur Partizipation an Diskursen um ausgewählte SSI als auch zur Konstruktion von Vermittlungsprozessen für eine partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung in den Fokus nimmt (vgl. Abbildung 4). Um diese Ziele zu erreichen, wurde das Seminar in mehrere Seminarphasen unterteilt, die unterschiedliche Schwerpunkte haben. Diese Phasen werden in diesem Kapitel vorgestellt. Dabei wurde angestrebt, dass die Chemielehramtsstudierenden, neben dem obligatorischen Zuwachs an fachdidaktischen Kompetenzen, auch fachwissenschaftlich und interdisziplinär geprägte Kompe-

tenzen erwerben können. Das Seminarkonzept ist vor dem Hintergrund der theoretischen Reflexionen der vorhergehenden Kapitel entwickelt worden. Dabei stehen die verwendeten SSI jeweils exemplarisch für SSI im Allgemeinen und es wird das Ziel verfolgt, dass die Chemielehramtsstudierenden in die Lage versetzt werden, sich selbst weitere SSI für die eigene Partizipation und die Thematisierung im Chemieunterricht erschließen zu können. Es geht dabei nicht nur darum, dass die Chemielehramtsstudierenden deklaratives Wissen zu einzelnen SSI-Aspekten erwerben, sondern ein breites, grundlegendes, funktionales und reflektiertes Verständnis über SSI zu erlangen, welches sie befähigt, in ihrem späteren Chemieunterricht eine partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung unter Verwendung von SSI im Alltag verwirklichen zu können. Um diesem Ziel gerecht zu werden, werden in der ersten Seminarphase, der *Wissensaneignung*, mit Hilfe einer Sachanalyse die chemischen und naturwissenschaftlichen fachlichen Grundlagen zur Erschließung des jeweiligen SSI erschlossen und vor diesem Hintergrund wird anhand des politischen Instruments der Grenzwerte konkret auf die Implikationen naturwissenschaftlichen Wissens als eine Einflusskomponente auf Entscheidungsprozesse eingegangen.

Die Fragen nach den wesentlichen Eigenschaften der Stoffe, ihrer Produktion und Freisetzung sind für eine Partizipation an den entsprechenden Diskursen ebenso relevant, wie die Frage nach den Folgen dieser Stoffe. Illustrieren lässt sich dies am Beispiel von Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid ist bei Raumtemperatur gasförmig, Bestandteil der Luft und demnach auch der Atmosphäre. Nachfolgendes Zitat aus einem Lehrbuch der Anorganischen Chemie illustriert, weshalb der Anstieg der Kohlenstoffdioxidkonzentration bedeutsam für den Wärmehaushalt der Erdatmosphäre ist:

Kohlendioxid (sic!) sowie einige andere farblose, für sichtbares Licht durchlässige Atmosphärgase (insbesondere Kohlenwasserstoffe, Halogenkohlenwasserstoffe, Distickstoffoxid, Wasser) vermögen das von der Erde ausgehende infrarote Licht ($> 800\text{nm}$) zu absorbieren und in Wärme umzuwandeln (Treibhauseffekt; die IR-Strahlung bildet sich an der Erdoberfläche durch Umwandlung einfallender sichtbarer und UV-Strahlung ($340\text{--}800\text{ nm}$)). Ohne diesen Effekt wäre die Erde kalt und unbewohnbar. Der steigende Gehalt an CO_2 ist dementsprechend mitverantwortlich für die beobachtete Verstärkung des Treibhauseffekts (zunehmende Erwärmung der Erdoberfläche) (Holleman, Wiberg & Wiberg, 2017, S. 583).

Kohlenstoffdioxid wird vor allem bei Verbrennungsreaktionen produziert und diese sind z. B. ein zentraler Bestandteil im Verkehrssektor. Eine zunehmende Nutzung von Verbrennungsmotoren über einen Zeitverlauf von über hundert Jahren führte entsprechend zu einer erhöhten Produktion

von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre. Eine zunehmende Anzahl an Kohlenstoffdioxidmolekülen führt entsprechend zu einer steigenden Erderwärmung, was als anthropogener Klimawandel bekannt ist. Hieran zeigt sich, dass die Folgen sowohl von den Eigenschaften als auch der Frage nach der Produktion und Freisetzung der Stoffe abhängig sind. Diskurse über die Folgen und den gesamtgesellschaftlichen Umgang mit ihnen ohne eine Thematisierung dieser fachlichen Grundlagen sind bar jeder Grundlage.

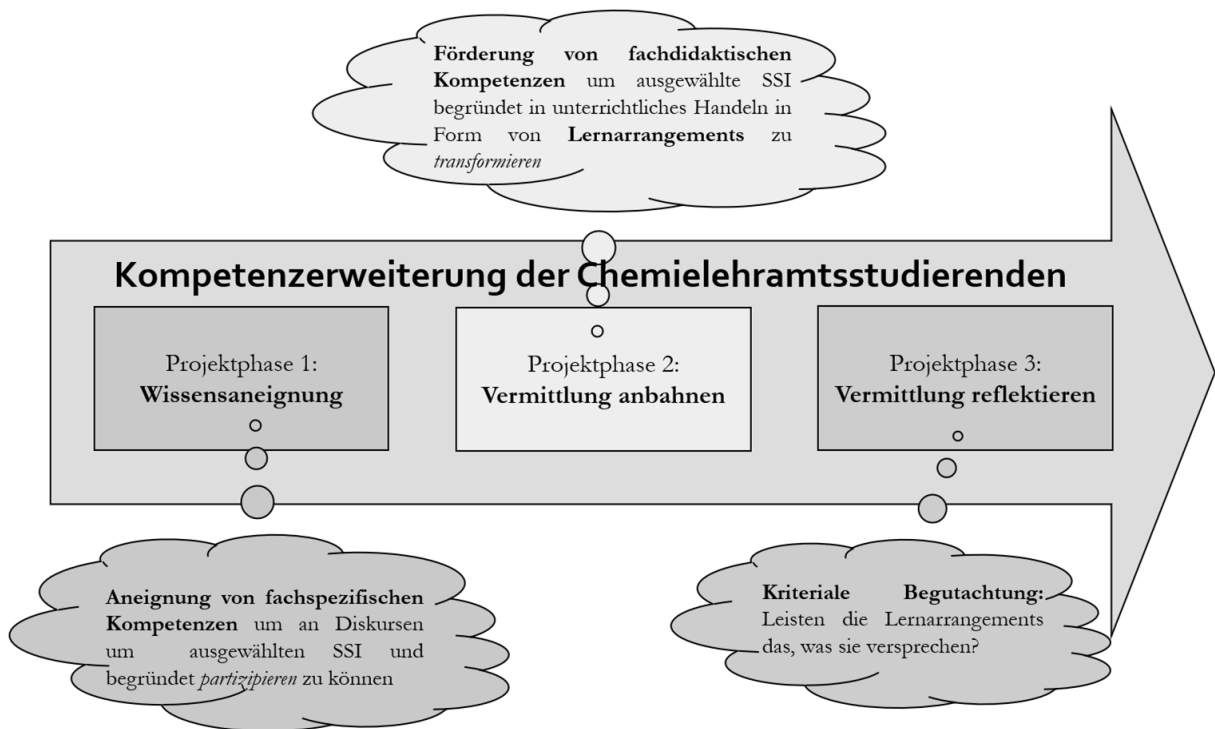


Abbildung 4: Überblick über die einzelnen Phasen im Seminarablauf.

Ebenso standen die Chemielehramtsstudierenden zur Förderung ihrer *Vermittlungskompetenzen* vor der Anforderung, in Arbeitsgruppen ein Lernarrangement gemäß der Arbeitsdefinition dieser Arbeit zu einem Aspekt des jeweiligen SSI zu entwickeln. Dabei waren sie in der Wahl des jeweiligen Aspekts frei, mussten sich jedoch mit der Seminargruppe absprechen. Die Chemielehramtsstudierenden treffen in diesem Lehrangebot nicht auf Lernsituationen, in denen sie vorgetragene Erkenntnisse aufzunehmen haben, sondern werden angeleitet, sich unter Beratung des Lehrenden mit anderen Chemielehramtsstudierenden die Inhalte zu erschließen. Dabei haben sie, um den verschiedenen Lernvoraussetzungen Rechnung zu tragen, sehr viele Freiheiten in den inhaltlichen Schwerpunkten und Vorgehensweisen, weil sie im späteren Berufsleben auch selbstständig und frei mit anderen Kolleg*innen die in den Kernlehrplänen ausgewiesenen Vorgaben individualisiert umzusetzen haben. Gleichzeitig geht mit dieser didaktischen Idee auch eine Übergabe

der *Verantwortung auf die Teilnehmer*innen des Seminars* über, denn sie bekommen von der Seminarleitung im Sinne der SMART-Kriterien (Lazarus, 2004; Jung, 2007; Lersch & Schreder, 2013; Sperling, 2009) konkret Anforderungen gestellt, die spezifisch (**s**pecific), messbar (**m**asurable), erreichbar (**a**chievable), realistisch (**r**ealistic) und terminiert (**t**ime-bound) waren. Die konkreten Anforderungen waren in den verschiedenen Seminaren die Aufgabenstellungen, die die Studierendengruppen erhalten haben (vgl. bspw. Abb. 5). Diese Aufgabenstellungen stellten zugleich die übergeordneten Kriterien zur Prüfung der Bearbeitung dar.

Tabelle 9: Strukturierung der Seminarphasen in den Teilstudien (Seminarphasen farblich markiert analog zu Abb. 4. Seminarphase Wissensaneignung: dunkel (grün), Seminarphase Vermittlung anbahnen: hell (gelb), Seminarphase Vermittlung reflektieren: ohne Farbschattierung (weiß)).

Sitzung	Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
1	Organisatorisches	Organisatorisches	Organisatorisches	Organisatorisches
	Thematische Einführung	Thematische Einführung	Thematische Einführung	Thematische Einführung
2	Sachanalysen	Sachanalysen	Sachanalysen	Sachanalysen
3	Ergebnispräsentation: Sachanalysen	Ergebnispräsentation: Sachanalysen	Ergebnispräsentation: Sachanalysen	Sachanalysen
	Grenzwerte	Grenzwerte	Grenzwerte	
4	Ergebnispräsentation: Grenzwerte	Ergebnispräsentation: Grenzwerte	Ergebnispräsentation: Grenzwerte	Ergebnispräsentation: Sachanalysen
	Grenzwerte von Mikroplastik	Grenzwerte von Schadstoffen in der Luft	Grenzwerte von Mikroplastik	Grenzwerte
5	Ergebnispräsentation: Grenzwerte von Mikroplastik	Ergebnispräsentation: Grenzwerte von Schadstoffen in der Luft	Ergebnispräsentation: Grenzwerte von Mikroplastik	Seminardiskussion: Grenzwerte
	Gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik	Gesellschaftliche Herausforderungen um Schadstoffe in der Luft	Gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik	Grenzwerte von Nitraten
6	Gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik	Gesellschaftliche Herausforderungen um Schadstoffe in der Luft	Gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik	Ergebnispräsentation: Grenzwerte von Nitraten Gesellschaftliche Herausforderungen von Nitraten
7	Ergebnispräsentation: Gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik	Ergebnispräsentation: Gesellschaftliche Herausforderungen um Schadstoffe in der Luft	Gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik	Ergebnispräsentation: Gesellschaftliche Herausforderungen von Nitraten
	Reflexionsaufgabe	Reflexionsaufgabe		Reflexionsaufgabe
8	Partizipation anbahnen: fachdidaktische Grundlagen (naturwissenschaftliche Grundbildung, Kompetenzen, Curricula)	Partizipation anbahnen: fachdidaktische Grundlagen (naturwissenschaftliche Grundbildung, Kompetenzen, Curricula)	Ergebnispräsentation: Gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik Reflexionsaufgabe	Partizipation anbahnen: fachdidaktische Grundlagen (naturwissenschaftliche Grundbildung, Kompetenzen, Curricula)
9	Lernarrangements entwickeln: Themenverteilung und Lernaufgabenansatz von Leisen (2010)	Lernarrangements entwickeln: Themenverteilung und Lernaufgabenansatz von Leisen (2010)	Partizipation anbahnen: fachdidaktische Grundlagen (naturwissenschaftliche Grundbildung, Kompetenzen, Curricula)	Lernarrangements entwickeln: Themenverteilung und Lernaufgabenansatz von Leisen (2010)
10	Lernarrangements entwickeln: Formulierung von Zielen	Lernarrangements entwickeln: Formulierung von Zielen	Lernarrangements entwickeln: Themenverteilung und Lernaufgabenansatz von Leisen (2010)	Unterrichtskonzepte und Unterrichtsverfahren
	Reflexionsaufgabe			Medien
11	Lernarrangements reflektieren: Simulation- und Peer-Review-Prozesse	Lernarrangements entwickeln: fachdidaktisch-methodische Entscheidungen	Lernarrangements entwickeln: Formulierung von Zielen	Diagnose und Differenzierung
		Reflexionsaufgabe		

12	Lernarrangements reflektieren: Optimierung nach Rückmeldungen	Lernarrangements reflektieren: Simulation- und Peer-Review-Prozesse	Lernarrangements entwickeln III: fachdidaktisch-methodische Entscheidungen	Lernarrangements entwickeln: Formulierung von Zielen
			Reflexionsaufgabe	
13	Seminarabschluss	Lernarrangements reflektieren: Optimierung nach Rückmeldungen	Lernarrangements reflektieren: Simulation- und Peer-Review-Prozesse	Lernarrangements entwickeln: fachdidaktisch-methodische Entscheidungen
				Reflexionsaufgabe
14	/	Seminarabschluss	Lernarrangements reflektieren: Optimierung nach Rückmeldungen	Seminarabschluss
			Seminarabschluss	

Abbildung 4 illustriert die Abfolge der Seminarphasen zur Förderung der Chemielehramtsstudierenden für eine partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung und in Tabelle 9 sind die konkreten Inhalte der verschiedenen Seminarsitzung vergleichend visualisiert. Dabei nimmt die Phase der Wissensaneignung im Vergleich zu den anderen Seminarphasen mehr Raum ein, um bei allen Chemielehramtsstudierenden die fachlichen Grundlagen zur Partizipation an Diskursen um SSI grundlegen und fördern zu können. Aufgrund ihres Studiengangs ist davon auszugehen, dass die Chemielehramtsstudierenden über grundlegende Vermittlungskompetenzen verfügen, was die vergleichsweise Übergewichtung der Phase Wissensaneignung rechtfertigt. Da in den Seminaren der Teilstudien 1, 3 und 4 die Chemielehramtsstudierenden ihre Modulabschlussprüfung in Form von Hausarbeiten absolvieren konnten, kann in Bezug auf die konkret zu entwickelnden Lernarrangements neben intrinsischen Motivationen eine extrinsische Motivation nicht ausgeschlossen werden. Diese Hausarbeiten sind vergleichbar mit den Unterrichtsentwürfen des Referendariats, die auch in einer Leistungssituation entstehen (Großmann, Lotz, Mulke & Krüger, 2022; Großmann & Krüger, 2022; Strietholt & Terhart, 2009; Weingarten, 2019; Vogelsang & Riese, 2017; König, Buchholtz & Dohmen, 2015). Um die Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden in einer möglichst realen Situation zu erheben, wird in dieser Studie ihre Performanz in Bezug auf Planungsprozesse mit den Hausarbeiten in Form von Lernarrangements erhoben. Dabei gilt es hervorzuheben, dass die Kriterien zur Leistungsbeurteilung in diesem Seminar sich von den Kriterien zur Analyse zur Beantwortung von Forschungsfrage 2 unterscheiden.

Die Teilstudie 4 zum Thema Nitrate ist die einzige Studie, in der nur die Phasen Wissensaneignung und Vermittlung anbahnen durchgeführt worden ist, was sich mit den Rahmenbedingungen dieses Seminars begründet. Die Studierenden in diesem Seminar standen vor der Aufgabe, ihre erste fachdidaktische Hausarbeit zu schreiben, dieses Seminar aus dem Bachelorstudium war nur zweistündig und die Studierenden waren noch am Anfang der ersten Phase der Chemielehrer*innenbildung. Aus diesen Gründen ist sich dafür entschieden worden, die Seminarphase *Vermittlung reflektieren*

auszulassen und im Kontext der Seminarphase Vermittlung anbahnen mehr Raum zur individuellen Reflexion und Auseinandersetzung mit dem zu entwickelnden Lernarrangement zu geben.

4.2.1 Seminarphase Wissensaneignung

Die Seminare in den Teilstudien wurden zu unterschiedlichen SSI durchgeführt, verfolgen dennoch in ihrer Struktur und in den Aufgabenstellungen die gleichen Ziele. Die Seminarphase der *Wissensaneignung* (vgl. Tabelle 9) begann mit einer allgemeinen Einführung in den Seminarablauf und der Bildung von festen Arbeitsgruppen für das gesamte Seminar, anschließend wurden nach dem Einholen der Einverständniserklärungen (vgl. Kap. 4.3) die Prä-Fragebögen per LimeSurvey bearbeitet. Anschließend gab es eine thematische Einführung in das Seminarthema. Die Chemielehramtsstudierenden haben dann die erste Gruppenaufgabe als fachlichen Einstieg erhalten, hier galt es vom Dozierenden ausgesuchte Texte zur allgemeinen Einführung in die Thematik des jeweiligen SSI zu lesen und in der Gruppe die wichtigsten Aspekte daraus zusammenzufassen. Aus Gründen der thematischen Einführung ist diese Aufgabe die einzige Gruppenaufgabe, in der die Texte komplett vorgegeben worden sind. Nachdem die ersten Erkenntnisse zum SSI aus den Gruppen dem gesamten Seminar vorgestellt und diskutiert worden sind, haben die Chemielehramtsstudierenden mit der *Erstellung von Sachanalysen* zum SSI begonnen. Abbildung 5 zeigt den Arbeitsauftrag dazu aus Teilstudie 1. Inhaltlicher Fokus der Sachanalysen waren a) Charakteristika des Stoffes, b) Entstehung, Verwendung und Freisetzung, sowie c) Auswirkungen und Folgen. Die Studierenden haben zur Erstellung in ILIAS, der E-Learning-Plattform der Universität zu Köln, verschiedene Materialien bereitgestellt bekommen. Hierbei handelte es sich um verschiedenste Quellenarten zum jeweiligen SSI: angefangen bei Zeitungsartikel bis hin zu Fachartikeln. Eigene Recherchen, Lektüre und Diskussion ausgewählter Materialien sollen hier zu einem wissenschaftsgerechten Umgang anleiten.

Die Studierendengruppen sind dann mit Partnergruppen zusammengekommen und haben ihre Ergebnisse ausgetauscht. Dieser Austausch erfolgte in Form eines *Peer-Review-Prozesses*. Die andere Gruppe hat die Produkte analysiert und Rückmeldungen bspw. bezüglich Unklarheiten, Fehlstellen oder Besonderheiten gegeben. Handlungsleitend für diesen Austausch waren dabei die Aufgabenstellungen und weitere Aspekte, die den Studierenden vorgegeben worden sind.

Sachanalyse zu Mikroplastik und dessen Umweltbelastungen

Leitfragen:

- Charakteristische Eigenschaften von Mikroplastik: Was ist Mikroplastik? Wie ist die Definition einzuschätzen? Gibt es mehrere Definitionen für ähnliche Phänomene? Was ist und was umfasst der Gegenstandsbereich des Begriffs Mikroplastik?
- Entstehung, Verwendung und Freisetzung von Mikroplastik
- Auswirkungen und Folgen von Mikroplastik

Materialien:

- Nachrichten aus der Chemie 9/2020 (VPN)
- GDCh Beilage 9/2020 Polymere (ILIAS Sitzung 1 & VPN)
- molecool Sommer 2020 (ILIAS Sitzung 2)
- NiU Mikroplastik (ILIAS Sitzung 2)
- Recherche im Ordner Literaturhinweise 2. Sitzung, im Netz (UBA, Fraunhofer, BfR, EFSA, ECHA, EU) und in der Literatur

Form und Zeitvorgabe:

- Sichert die Ergebnisse in der Concept-Map im Team; wichtige Dokumente sichern und hochladen (Sitzung 2: Sicherung von wichtiger Literatur zur 2. Sitzung; bestenfalls mit Namen oder Gruppennummer 1)
- Vorstellung der Sachanalysen in der 3. Sitzung

Abbildung 5: Arbeitsauftrag zur Erstellung der Sachanalysen zum SSI Mikroplastik aus Teilstudie 1.

Durch diese Form der Sicherung wurden alle Studierenden eingebunden und dieses Format des Peer-Review-Prozesses simuliert im Kleinen, wie in der Wissenschaft Fachartikel durch die Community geprüft werden – die Studierenden erhalten so auch einen Einblick in wissenschaftliche Arbeitsweisen. Die Studierenden haben als Hilfestellung auch Leitfragen an die Hand bekommen, anbei beispielhafte Leitfragen für das Thema Mikroplastik:

Was ist Mikroplastik? Wie ist die Definition einzuschätzen? Gibt es mehrere Definitionen für ähnliche Phänomene? Was ist und was umfasst der Gegenstandsbereich des Begriffs Mikroplastik? Werden Entstehung, Verwendung und Freisetzung, Auswirkungen und Folgen von Mikroplastik ausreichend und fachlich klar thematisiert? Wo fehlt noch etwas? Was ist unklar? Was ist neu?

Die Sachanalysen wurden durch die Studierenden auf Basis der Rückmeldungen angepasst. Dann wurden die überarbeiteten Sachanalysen im Plenum vorgestellt – das Plenum fungierte hier als Regulativ für die Sachanalysen. Da es sich bisher um einen Zugriff aus Sicht der naturwissenschaftlichen Fachwissenschaften gehandelt hat, galt es nun anhand des Grenzwertes einen *Zugang zu gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen* zu ermöglichen. Besonders ist, wie im Theorieteil erläutert, dass es sich bei Grenzwerten um politische Regelungsinstrumente handelt, die einerseits über Risiken informieren, die andererseits auch Risiken regulieren. Durch die Thematisierung von Grenzwerten sind für Chemielehramtsstudierende Einblicke in die Einschätzung von Risiken sowohl aus naturwissenschaftlicher als auch aus wirtschaftlicher, politischer oder medizinischer Perspektive möglich. Da die Studierenden auch hier nach dem *Prinzip der eigenständigen Erschließung* (Leisen, 2007)

lernen sollten, wurde das Konstrukt der Grenzwerte kurz eingeführt. Dazu wurde die Definition eines Grenzwertes des Europäischen Parlaments und Europäischen Rats (2008) vorgestellt und diskutiert. Als Grenzwert wird hier ein Wert definiert,

der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern, und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss und danach nicht überschritten werden darf (Europäische Parlament & Europäische Rat, 2008, S. 4 f.).

Aufbauend auf diese Definition wurden als grundlegende Schutzniveaus die langfristige Vorsorge von der Gefahrenabwehr unterschieden (Gesellschaft für Toxikologie Deutschland, 2019) und Grenzwerte am Beispiel der Stickoxidgrenzwerte als „Kompromiss zwischen medizinisch Anzustrebendem und gesellschaftlich Möglichem“ (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, 2019, S. 34) charakterisiert.

Da *Grenzwerte aus verschiedenen Perspektiven* betrachtet werden können, wurden den Chemielehramtsstudierenden sechs verschiedene Texte an die Hand gegeben, um sich mit Grenzwerten auseinanderzusetzen: Die Dissertation von Petra Kopf ist als ökonomische Analyse zu Grenzwertsetzungsprozessen ein wirtschaftswissenschaftlicher Zugriff (Kopf, 2004), Monika Böhm (2012) setzt sich aus einer juristischen Perspektiven mit den Prozessen zur Grenzwertfestlegung auseinander, Eberhard Nies (2020) erörtert Kosten-Nutzen-Analysen bei der Grenzwertsetzung am Beispiel von krebserzeugenden Arbeitsstoffen in einer philosophisch-rechtlichen Bewertung, die Philosophen Schulenburg und Nida-Rümelin (2013) setzen sich grundlegend mit den drei Phasen der Auseinandersetzung mit Risiken für eine Risikobeurteilung auseinander, Peter M. Wiedemann (1998) illustriert Grenzwerte und ihre Setzung aus einer naturwissenschaftlichen Perspektive und die Publikation „Perspektiven auf Industrie in Deutschland“ (Schönauer, Schwieger, Schubert & Prystav, 2013) illustriert exemplarisch die Sichtweise der Industrie auf Grenzwerte.

Nur in Teilstudie 1 und 2 ist die letztgenannte Publikation zur Sichtweise der Industrie eingesetzt worden, denn die ökonomischen Perspektiven werden schon in den anderen Texten abgedeckt und es sollten auch die planetaren Grenzen als angewandtes Konzept der Bundesregierung zur Einschätzung von Umweltrisiken einen Platz bekommen. Auch waren die Rückmeldungen zu diesem Text immer eher verhalten, denn der Text wurde als wenig ergiebig eingeschätzt. Daher wurde in den folgenden Teilstudien ein Text von Dieter Gerten und Hans Joachim Schellnhuber (2015) zu planetaren Grenzen im Kontext von globaler Entwicklung eingesetzt. In Teilstudie 4 wurden

diese Texte nicht alle von allen Gruppen erarbeitet, dann im Austausch erst mit einer anderen Gruppe und dann im Plenum gemeinsam diskutiert, sondern sechs Gruppen gebildet, die dann den zur Perspektive zugehörigen Text gelesen haben und ihre Perspektiven dann in einer Fish-Bowl-Diskussion (Mattes, 2002) zum Thema Grenzwerte gegenübergestellt haben.



Abbildung 6: Übersicht über die verschiedenen Texte zur Erschließung des Grenzwertbegriffs und seiner Implikationen der ersten Teilstudie.

Zur Unterstützung wurden den Studierenden Grenzwertaspekte, die aus theoretischer Sicht relevant sind, an die Hand gegeben: Intentionen und Aussagekraft von Grenzwerten, Grenzwerte als Instrumente und deren Funktionen, Anwendung, Überwachung und Wahrnehmung von Grenzwerten, Grenzwertsetzung als Prozess unter Berücksichtigung von Risikoabschätzungen, Verwendung verschiedenster Methoden bei der Grenzwertsetzung. In den übrigen Studien haben die Arbeitsgruppen alle sechs Texte bearbeitet und diskutiert, sind dann in Form des Peer-Reviews in den Austausch mit einer Gruppe gegangen.

Nachdem das Konzept der Grenzwerte erschlossen worden ist, wurde sich mit möglichen Grenzwerten für das jeweilige Seminarthema auseinandergesetzt. In den Seminaren, in denen als SSI das Thema Mikroplastik Gegenstand der Auseinandersetzungen war, wurde eine mögliche Regulation von Mikroplastik anhand des *Science Slam Beitrags* des Doktoranden Christoph Steiner von der Technischen Hochschule Köln aus dem Jahre 2019 mit dem Titel „Mikroplastik: Was ist es und was können wir tun?“ (Steiner, 2019) eingeleitet. Dieser Science Slam Beitrag kann als eher populärwissenschaftliche Quelle bezeichnet werden, doch wurde sie hier mit dem Ziel der Motivation und Problematisierung zur vertieften wissenschaftlichen Auseinandersetzung eingesetzt. Die Struktur

der Seminarphase Wissensaneignung ist in Tabelle 9 für die vier Teilstudien im Hinblick auf ihre Inhalte visualisiert.

Zur weiteren Vertiefung erhielten die Chemielehramtsstudierenden die Aufgabe, zu reflektieren, inwiefern *Grenzwerte für Mikroplastik* möglich seien und was sie überhaupt leisten könnten. Dazu erhielten sie drei Texte: eine Abhandlung von Maria Fürhacker (2020) über die Risikoabschätzung und Grenzwertsetzung für Mikrokunststoffe in der aquatischen Umwelt, einen Text zu planetaren Grenzen aus dem Magazin Science (Steffen et al., 2015) sowie einen Übersichtsartikel mit dem Titel „Mikroplastik: Ein selbstverschuldetes Umweltproblem im Plastikzeitalter“ (Stöven, Jacobs & Schnug, 2015). Auch hier fand eine Sicherung der Ergebnisse über einen Austausch im Peer-Review-Format mit anschließender Plenumsdiskussion statt. Die Diskussion im Plenum ist das nachgelagerte zentrale Korrektiv für die dezentralen Anmerkungen. Da es sich bei der Aufgabe zu möglichen Grenzwerten zu Mikroplastik, Nitraten oder Schadstoffen in der Luft um einen exemplarischen Zugang zu SSI und den einhergehenden Aspekten von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und Gesellschaft, Wirtschaft und Politik handelte, bekamen die Chemielehramtsstudierenden daran anknüpfend die Aufgabe, weitere Aspekte der entsprechenden SSI auszuarbeiten. In Bezug auf die Teilstudien 1 und 3 zum SSI Mikroplastik standen die Seminarteilnehmer*innen vor der Aufgabe, Diskurse um Mikroplastik in Boden, Wasser und Luft und ihre Implikationen als gesellschaftliche Herausforderungen zu erarbeiten. Diese konnten sich die Chemielehramtsstudierenden selbst suchen, darüber hinaus wurde eine Liste mit möglichen Fokussierungen, wie a) Medien und Kommunikation, b) Spannungsfeld von Wirtschaft, Politik, Wissenschaften und Verbraucher*innen, c) technische Innovationen zur Folgenbegrenzung, d) Methoden zur Gewinnung und Überwachung von Grenzwerten, den Chemielehramtsstudierenden an die Hand gegeben.

Diese vier Schwerpunkte wurden allen Teilstudien vorgegeben und inhaltlich aufgrund des jeweiligen Gegenstandes erweitert. In Bezug auf Mikroplastik etwa um Kosmetika oder Definition des Begriffs Mikroplastik. Auch diesbezüglich standen den Studierenden für einen ersten Überblick Materialien bereit. Die Studierenden haben zur Erarbeitung thematische Schwerpunktgruppen gebildet und sich in diesen einem Aspekt angenommen. Die Studierendengruppe der 3. Teilstudie hat sich im Seminarprozess mehr Zeit zur Auseinandersetzung mit Diskursen um gesellschaftliche Herausforderungen um Mikroplastik erbeten, daher weicht dieses Seminar in dieser Phase von den anderen ab. Ihre zentralen Einsichten und Ergebnisse wurden in einer selbst gewählten Form präsentiert und im Plenum sowohl diskutiert als auch reflektiert. Die Präsentationsformate wurden

anschließend allen Studierenden zur Verfügung gestellt. Daran schloss sich die individuelle Bilanzierung der Wissensaneignung über eine Reflexionsaufgabe mit Impulsfragen an.

3. Grenzwerte um Schadstoffe in der Luft

Leitfragen:

- Welche Grenzwerte gibt es zu den Schadstoffen in der Luft (Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs)? Gibt es Unterschiede im Geltungsbereich (BRD, EU, UN, USA)?
- Wer legt diese Grenzwerte wie fest? Wie kommen sie zustande?
- Welche Rolle spielen die Naturwissenschaften bzgl. dieser Grenzwerte?
- Wie wird die Einhaltung dieser Grenzwerte gemessen?
- Warum bestehen für die entsprechenden Schadstoffe diese Grenzwerte?
- Welche Folgen haben diese Grenzwerte für Bevölkerung, Tiere, Umwelt und Wirtschaft?
- Wie werden diese Grenzwerte kommuniziert?

Abbildung 7: Grenzwerte um Schadstoffe in der Luft: Leitfragen zur Erschließung aus der zweiten Teilstudie.

Die Lehrveranstaltung zur 2. Teilstudie verlief in ihrer Struktur so, wie auch Teilstudie 1. In der 2. Teilstudie zu den sog. Schadstoffen in der Luft standen die Chemielehramtsstudierenden in Bezug auf die Auseinandersetzung mit Grenzwerten für den Seminargegenstand vor anderen Fragen als in den Mikroplastikstudien. Bei diesen Stoffen existieren festgelegte Grenzwerte durch internationale und nationale Abkommen. Als Hilfestellung wurden hier wieder Leitfragen vorgestellt, die die Chemielehramtsstudierenden bei ihrer Auseinandersetzung nutzen konnten. Es wurde ihnen in Bezug auf Materialien (bspw. Rahmenübereinkommen von Paris aus dem Jahre 2016 (Vereinte Nationen, 2016) oder IPCC-Berichte (IPCC, 2016; IPCC, 2018)) freigestellt, exemplarische Quellen aus dem ILLAS-Kurs zu nutzen, oder selbst nach Informationsquellen zu suchen.

Nach der Erarbeitung in den Gruppen setzten sich die Studierenden selbstständig in einem Peer-Review-Prozess mit den Ergebnissen der anderen Gruppen auseinander. Anschließend als Hinleitung zur Erarbeitung von SSI-Diskursen um Schadstoffe in der Luft wurde der Vortrag „Wissenschaftskommunikation in einer Welt aus Filterblasen, Echokammern und Fake News: die Beispiele Corona und Klimawandel“ (Höttecke, 2021) des Physikdidaktikers Höttecke der Universität Hamburg mit einem Arbeitsauftrag, der im Folgenden erläutert wird, angeschaut. In diesem Vortrag werden die Perspektiven von Expert*innen, Medien und Laien sowie ihr Zusammenspiel auf den Gegenstand beleuchtet. Die aufgabengestützte Erarbeitung erfolgte derart, als dass die drei Per-

spektiven auf die Studierendengruppen verteilt worden sind, diese Perspektiven wurden dann inhaltlich aufgearbeitet und anschließend traf sich die Arbeitsgruppe mit zwei weiteren Arbeitsgruppen zur Diskussion. Diese Hinleitung konnte in diesem Seminar gewählt werden, weil aufgrund der zur Verfügung stehenden vier Semesterwochenstunden auch Zeiten zur Vertiefung bestanden. Die Erarbeitung der gesellschaftlichen Diskurse um Schadstoffe in der Luft und deren Grenzwerte im Hinblick auf verschiedene Aspekte schloss sich sodann an.

Auch in dieser Studie durften die Chemielehramtsstudierenden nach Neigung in jeder Gruppe die Aspekte selbst aussuchen. Zur Orientierung wurden die schon genannten Aspekte vorgestellt und bei den *Diskursen um Schadstoffe in der Luft* wurde auf den Stellenwert von Medienaussagen im Hinblick auf Glaubwürdigkeit, Expert*innen-Laien-Verhältnisse oder Vorläufigkeit von wissenschaftlichen Aussagen hingewiesen. Die Studierenden sollten einen Kurzvortrag zu ihrem Thema erstellen, dieser wurde im Plenum vorgestellt und diskutiert, anschließend ging jede Gruppe mit einer anderen Gruppe in Expert*innengespräche, um die Vorträge zu optimieren und zu reflektieren. Als Materialien dienten wieder die Literatur aus dem ILIAS-Kurs (bspw. Medienberichterstattungen zum Urteil des Bundesverfassungsgerichts zum deutschen Klimaschutzgesetz im Jahre 2021 (bspw.: ZEIT ONLINE, 2021); ein Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin aus dem Jahre 2018 (Schulz et al., 2018)) und eigene Recherchen. Im Anschluss an diese letzte Arbeitsphase in der Seminarphase der Wissensaneignung bekamen die Chemielehramtsstudierenden die Aufgabe, die zur Seminarphase gehörende Reflexionsaufgabe zu bearbeiten.

In der Lehrveranstaltung der 4. Teilstudie wurde den Studierenden, weil sie äußerten, dass sie die inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Thema herausfordere, mehr Zeit für die Sachanalyse gewährt (um eine zusätzliche Seminarsitzung). Dies lässt sich damit begründen, dass diese Studierenden aufgrund ihres Studienfortschrittes im Vergleich zu den anderen Teilstudien an weniger fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen teilgenommen haben. Diese Phase der Wissensaneignung verfolgt das Ziel, die fachlichen Grundlagen zur Partizipation an Diskursen um SSI zu legen, weshalb es folgerichtig ist, dass bei weniger umfassenden Voraussetzungen hierfür mehr Zeit eingeräumt wird.

Eine Besonderheit dieses Forschungsprojekts ist, dass die fachlichen Grundlagen zur Partizipation an SSI nicht vorausgesetzt, sondern gemeinschaftlich erarbeitet und kontextualisiert werden, was selbst für leistungsstarke Chemielehramtsstudierende aufgrund der Freiheit zu Setzung eigener Schwerpunkte ein forderndes Unterfangen darstellen kann. Gleichzeitig wurde die Seminarzeit für die Erarbeitung von Diskursen um gesellschaftliche Herausforderungen um die Nitrate gekürzt

(um eine Seminarsitzung). In der 4. Teilstudie zu den Nitraten als SSI fand die Auseinandersetzung mit den Nitratgrenzwerten methodisch wie in den anderen Teilstudien statt, doch ergaben sich aufgrund des Inhaltes andere *Leitfragen zur Unterstützung*. Schwerpunkte waren hier die Folgenden: a) Nitratgrenzwerte: Konzepte und Geltungsbereiche, b) Grenzwertsetzungsprozess für Nitratgrenzwerte, c) Messung der Nitratemissionen, d) Folgen der Grenzwerte für Menschen, Tiere und Umwelt, e) Kommunikation der Nitratgrenzwerte, f) Nitratgrenzwerte und Risikoabschätzungen, g) Leistungsvermögen der Nitratgrenzwerte. Auch hier waren die Chemielehramtsstudierenden frei in der Auswahl an Informationsquellen, doch wurde ihnen die EU-Nitratrichtlinie (Europäische Rat, 1991), Texte zu planetaren Grenzen (etwa: Müller & Niebert, 2017; Brockhage, Lüsse, Pietzner & Beeken, 2021a; ebd., 2021b), sowie ein Überblicksartikel über Nitratgrenzwerte und Chemieunterricht (Lüsse, Brockhage, Pietzner & Beeken, 2021) ans Herz gelegt. Die Sicherung dieser Phase verlief, wie in den anderen Teilstudien auch. Anschließend bekamen die Chemielehramtsstudierenden die Aufgabe, über Grenzwerte hinausgehende SSI-Aspekte der Nitrate zu erarbeiten. Zur Orientierung erhielten die Chemielehramtsstudierenden die Schwerpunkte, die schon in den anderen Teilstudien genannt worden sind, an die Hand. Auch hier schloss diese Phase mit der Bearbeitung der Reflexionsaufgabe zur Wissensaneignung ab.

4.2.2 Seminarphase Vermittlung anbahnen

An die Phase der Wissensaneignung schloss sich die Phase Vermittlung anbahnen (vgl. Tabelle 10) an. Um sich inhaltlich diesem Ziel zu nähern, wurden die zentrale Begriffe, *naturwissenschaftliche Grundbildung* (OECD, 1999), *Kompetenzen* (Weinert, 2001) und *Socioscientific Issues* (Sadler et al., 2007), mit den Studierenden diskursiv erschlossen. Anschließend wurde das Perspektivenschema zur Unterrichtsplanung (Klafki, 1996d) den Studierenden als Möglichkeit zur Planung von Vermittlungsprozessen vorgestellt und es wurde diskutiert, was die einzelnen Elemente implizieren. Unter Bezug auf kompetenzorientierten Unterricht wurde Lerschs (2007) didaktische Systematisierung in Form eines Angebot-Nutzungs-Modells diskutiert, dabei wurde besonders darauf eingegangen, dass in einem kompetenzorientierten Unterricht die Lehrenden neben der Wissensvermittlung besonders Anforderungssituationen zu arrangieren haben, in denen die Lernenden ihr Wissen anwenden müssen.

Da die *Bildungsstandards* und *Kernlehrpläne* leitend für die Planung von Vermittlungsprozessen im Kontext des Chemieunterrichts sind, haben die Chemielehramtsstudierenden die in Abbildung 8 abgedruckte Aufgabenstellung zur Arbeit in ihren Gruppen erhalten. Diese Aufgabenstellung zielt darauf ab, die Thematisierung von Mikroplastik und seine Implikationen als SSI aus curricularer Sicht begründen zu können. Sie impliziert, dass die Chemielehramtsstudierenden sich selbstständig

und im Austausch mit den Kommiliton*innen mit Argumentationen zur Begründung von Vermittlungsprozessen auseinandersetzen.

3b. Bildungsstandards und Kernlehrpläne NRW

Inwiefern lässt sich mit Hilfe der Bildungsstandards (SI & SII) und der Kernlehrpläne Chemie NRW eine Thematisierung von Mikroplastik, seinen gesellschaftlichen Herausforderungen als SSI und seinen Diskursen um Grenzwerte begründen?

Aufgabe:

- Untersucht die Bildungsstandards und Kernlehrpläne für Eure Schulstufen in Bezug auf die Thematisierung von Mikroplastik und seinen gesellschaftlichen Herausforderungen.
- Erläutert, mit welchen Argumenten innerhalb der Bildungsstandards und der entsprechenden Kernlehrpläne eine Thematisierung von gesellschaftlichen Herausforderungen begründet wird.
- Analysiert auch, mit welchen Kompetenzbereichen und welchen Kompetenzerwartungen die Thematisierung von Mikroplastik, seiner gesellschaftlichen Herausforderungen begründet werden kann.
- Beachtet bei allen Aufgaben auch die Implikationen von Grenzwerten, d. h. bspw. Wo und wie finden sich in den Bildungsstandards und Kernlehrplänen Begründungen dafür, auf die Grenzwerte und deren Implikationen einzugehen (Argumente, Kompetenzbereiche, Kompetenzerwartungen, Inhaltsfelder etc.).

Materialien:

- Bildungsstandards SI und SII, Kernlehrpläne NRW [im Internet verfügbar]

Abbildung 8: Aufgabenstellung zur Erarbeitung der Einbettung des SSI Mikroplastik in die Curricula aus der ersten Teilstudie.

Anknüpfend daran wurde der Text von Leisen zum Thema *Lernaufgaben* (Leisen, 2010) an die Studierenden gegeben. Sie erhielten die Aufgabe, diesen Text inhaltlich zu erschließen, um auf dieser Grundlage Indikatoren für gelungene Lernarrangements abzuleiten. Die Arbeitsergebnisse wurden im Plenum diskutiert und mit der Arbeitsdefinition des Begriffs der Lernarrangements (vgl. Kap. 2.3.4) fokussiert. Anschließend wurde die Aufgabenstellung für die Entwicklung der Lernarrangements vorgestellt – die von den Chemielehramtsstudierenden aus dem Text von Leisen (2010) abgeleiteten Indikatoren fanden sich hier wieder. Hervorzuheben ist hier der von den Chemielehramtsstudierenden geforderte Hinweis zur Gestaltung von Lernarrangements bezüglich geeigneter Quellen. Geeignet bedeutet in diesem Zusammenhang, dass diese Quellen einen Beitrag zum Ziel leisten, dabei können verschiedene Quellenarten verwendet werden: bspw. argumentierten die Studierenden, dass ein populärwissenschaftliches Video oder ein lebensweltlicher Podcast in Vermittlungsprozessen zur Motivation und Problematisierung eingesetzt werden können.

Damit die Chemielehramtsstudierenden mit der Erarbeitung ihrer Lernarrangements starten konnten, wurden die verschiedenen Themenschwerpunkte im Seminarplenum diskursiv abgestimmt. Dies war notwendig, weil es bei den SSI Aspekten gibt, die von besonders vielen Gruppen adressiert werden wollen. Da aber möglichst verschiedene Aspekte in den Lernarrangements behandelt werden sollen, müssen sich die Studierenden gegenseitig abstimmen. Viele Gruppen wollten sich bspw. in den Teilstudien 1 und 3 mit den Zusammenhängen von Kosmetika und Mikroplastik auseinan-

dersetzen. Abbildung 9 illustriert exemplarisch die mit den Studierenden der 1. Teilstudie erarbeiteten Hinweise für die zu erstellenden Lernarrangements. Die in den anderen Teilstudien erarbeiteten Hinweise für die eigenen Lernarrangements deckten sich mit den in Abbildung 9 skizzierten.

Hinweise für „unsere“ Lernarrangements

- Es werden Lernarrangements mit verschiedenen Themen konstruiert, die Themen müssen hier im Seminar abgestimmt werden
- Sucht in geeigneten Quellen nach Materialien, die ihr einsetzen könnt
- Es sollen, wenn möglich, Experimente eingebunden werden, doch muss dies fachdidaktisch begründet (Ziele, Bedingungen, Output) sein
- Es soll ein Gegenwartsbezug hergestellt sowie Relevanz dargelegt werden
- Es sollen aktivierende und handlungsanleitende Methoden verwendet werden
- Es sollen Aufgaben in Anlehnung an die Kriterien von Leisen (2010) formuliert werden
- Ein Lernarrangement schließt eine begründete Gestaltung, Einbettung und Reflexion in eine Lernumgebung in eine konstruierte Reihe bzw. Sequenz ein
- In allen Lernarrangements muss auf Grenzwerte und deren Implikationen eingegangen werden; gleichwohl in verschiedener Intensität und Differenziertheit
- Die Lernenden sollen durch die Lernarrangements zur Teilhabe angeleitet werden
- Es sind die angestrebten kompetenzorientierten Ziele zu begründen, es sollen die Lernbedingungen der Lernenden, die notwendig sind, reflektiert werden, es soll herausgearbeitet werden, was die Lernenden durch dieses Lernarrangement lernen sollen (Lernoutput)

Abbildung 9: Mit dem Seminar erarbeitete Kriterien für die Erstellung der Lernarrangements der ersten Teilstudie.

Da die Lernarrangements in den einzelnen Studierendengruppen in dieser Seminarphase arbeitsteilig konstruiert werden, steht hier die Konzeption und materiale Gestaltung im Fokus. Diese und die nächste Seminarphase haben damit einen Werkstatt- und Erprobungscharakter: die Studierenden tauschen sich gegenseitig über ihre Ideen zur Konstruktion von Lernarrangements aus, entwickeln erste Materialien und diskutieren mögliche Begründungsstrukturen. Die Entwicklung der Lernarrangements in diesen Seminarphasen und die Möglichkeiten zur Beratung mit dem Dozierenden haben damit einen Befähigungscharakter, denn hier sollen den Chemielehramtsstudierenden in einem Schonraum Möglichkeiten zur offenen Diskussion und Erprobung ihrer fachdidaktischen Ideen gegeben werden. An dieser Stelle wurde auch mit den Studierenden diskutiert, inwiefern bestimmte Methoden, wie bspw. Fish-Bowl-Diskussionen (Mattes, 2002) und handlungsorientierte Arbeitsaufträge, Lernende zur Partizipation besonders befähigen können. Dazu wurde im Seminar das ICAP-Framework vorgestellt und aufbauend darauf wurde überlegt, wie Arbeitsaufträge formuliert sein können, um Lernende zur Partizipation zu befähigen. Eine Möglichkeit stellen handlungsorientierte Arbeitsaufträge (Anton & Reiners, 2023; Anton & Reiners, 2024) dar, durch die Lernende, ihr erworbenes Wissen in Bezug zum jeweiligen SSI konkret handelnd in Aktivitäten anwenden. Dem *ICAP-Framework* (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) folgend steigt der Lernerfolg mit dem Maße der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand, sodass eine interaktive und dialogische Auseinandersetzung mit mindestens einer weiteren Person zusammen besonders erfolgreich

ist (vgl. Kap. 2.3.3. Wenn diese Hypothese mit dem Gedanken, dass Partizipation heißt, sich mit anderen Menschen konstruktiv mit einem Gegenstand auseinanderzusetzen, zusammengedacht wird, kann das höchste Niveau erreicht werden, wenn sich Lernende gemeinsam mit einem Gegenstand auseinandersetzen und dabei ihre Sichtweisen konstruktiv austauschen, um zu einem Konsens zu gelangen. Diese prozessbezogenen Interaktionen sind von den finalen Lernarrangements zu unterscheiden.

Diese im Seminarkontext gemeinsam mit anderen Studierenden und dem Dozierenden ausgetauschten Gedanken dienen zur Förderung von Kompetenzen, Lernprozesse zu gestalten. Die im Kontext der zu bewertenden *fachdidaktischen Hausarbeiten* von den Chemielehramtsstudierenden einzeln abgegebenen finalen Lernarrangements zeigen nur einen Ausschnitt des gesamten Lernarrangements der Gruppe und dienen der fachdidaktischen Begründung und Reflexion – sie machen als *Performanzprodukt* die Kompetenzen der verschiedenen Studierenden für eine Analyse zugänglich. Sie sind damit eigenständige Leistungen und werden als Datenerhebungsinstrument genutzt. Die Vorgaben für die Hausarbeiten unterscheiden sich dahingehend auch zu den mit den Studierenden festgelegten Indikatoren an Lernarrangements. Die Vorgaben wurden den Studierenden schon in der ersten Seminarsitzung schriftlich mitgeteilt. Abbildung 10 zeigt die Vorgaben für die Hausarbeiten der 1. und 3. Teilstudie. Inhaltlich wurden die einzelnen Bestandteile in den Vorgaben konkretisiert und im Seminar wurden sie alle ausführlich besprochen.

Um die Chemielehramtsstudierenden während der Prozesse zur *Lernarrangemententwicklung* zu unterstützen, wurde ein Übungsblock zur Bestimmung der *Ziele der Lernarrangements* eingebaut. Dazu wurden die drei Funktionen von Zielen für Vermittlungsprozesse reflektiert, denn sie sind Instrumente zur Planung von Lernprozessen, Instrumente zur Kontrolle von Lernprozessen (sie ermöglichen zu beurteilen, wann ein Lernschritt abgeschlossen ist und der Unterricht sich dem nächsten Schritt zuwenden kann), und sie sind die Grundlage für die Diagnose und Bewertung von Lernprozessen.

Es wurde perspektiviert, dass Zielformulierungen sich auf einen Inhaltsaspekt (Was konkret ist das Neue, das gelernt werden soll?) und auf einen Handlungsaspekt (Was kann als Handlung beobachtet werden, was als Indikator für einen Lernzuwachs gewertet werden kann?) beziehen und mit Blick auf bestimmte Kompetenzen formuliert sind. Diese Zielformulierungen beschreiben das Ergebnis von Lernprozessen, nicht den Weg. Die Chemielehramtsstudierenden haben dann die Aufgabe erhalten, konkrete Zielformulierungen unter Berücksichtigung der drei Elemente Inhaltsaspekt, Handlungsaspekt und Kompetenzaspekt für ihre Lernarrangements zu erarbeiten (Kakoschke, 2018).

Kriterien zur Modulabschlussprüfung: fachdidaktische Hausarbeit zur Begründung und Reflexion des entworfenen Lernarrangements

Erstellung einer fachdidaktischen Hausarbeit zur Begründung und Reflexion eines entworfenen kompetenzorientierten Lernarrangements. Sollte in Gruppen gearbeitet worden sein, müssen entsprechende Absprachen getroffen werden, sodass nicht zwei nahezu deckungsgleiche Arbeiten abgegeben werden.

- **Vollständigkeit der Hausarbeit: Deckblatt, Verzeichnisse, Einleitung, Fazit und Grundlegendes**
Interesse weckende Herleitung, präzise Erläuterung und Begründung des problemorientierten Schwerpunktes in der Einleitung steigern die Originalität der Behandlung der Fragestellung. Reflexion in Form eines Fazits und Ausblick auf nicht zu behandelnde oder weiterführende Fragen und Probleme. Durchgängiger und konzentrierter Rückbezug auf die Fragestellung bzw. auf das Thema ohne Redundanzen. Logische, plausible, schlüssige, aufeinander aufbauende und verknüpfende Gedankenführung. Die notwendigen Verzeichnisse wurden korrekt angelegt.
- **Zielbestimmung und Kompetenzorientierung:**
Die Ziele (Hauptintention und Ziele in den Kompetenzbereichen) des Lernarrangements werden konkret formuliert, was mit einer Orientierung am entsprechenden Kernlehrplan und der entsprechenden Bildungsstandards geschieht. Es werden die Bedeutungen (exemplarische Bedeutung, Gegenwartsbedeutung, Zukunftsbedeutung) des Themas reflektiert und entsprechende Begründungen angeführt.
- **Sachanalyse:**
Es wird der fachliche Hintergrund des Gegenstands analysiert. Dabei wird ein korrektes, vertiefendes und differenziertes Verständnis der fachlichen Grundlagen und Zusammenhänge mit Literaturbezügen gezeigt.
- **Didaktische Begründung:**
Es wird deutlich, warum das Lernarrangement entsprechend gestaltet worden ist, dabei werden mit Literaturbezügen Begründungen formuliert. Die Lernvoraussetzungen, die notwendig für einen Lernerfolg sind, werden benannt, analysiert und reflektiert. Es wird beschrieben, welche Funktion(-en) die ausgewählten Methoden und Medien erfüllen. Es findet eine Begründung und Reflexion dahingehend statt, weshalb genau diese Experimente hinzugezogen worden sind. Ebenso erfolgt eine Erklärung der Einbettung in einen gesellschaftlich relevanten Kontext. Die Phasierung des Lernarrangements wird begründet und reflektiert.
- **Lernarrangement: Verlaufsplan und Materialien (im Anhang!):**
Im Verlaufsplan, der sich im Anhang befindet, wird das Lernarrangement mit Phase, Zeit, Inhalt, Sozialform, Medien und didaktisch-methodischer Kommentar der didaktischen Begründung folgend visualisiert. Das Lernarrangement befindet sich mit allen Materialien im Anhang. Auch bei der Konstruktion des Lernarrangements werden die Regeln des guten wissenschaftlichen Arbeitens beachtet.
- **Layout und wissenschaftliches Arbeiten:**
Vorgaben des Instituts für Chemiedidaktik hinsichtlich eines übersichtlichen, einheitlichen und lesefreundlichen Layouts sowie den Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens (<https://chemiedidaktik.uni-koeln.de/lehre-und-studium-1/informationen-zu-einzelnen-lehrveranstaltungen/informationen-zum-wissenschaftlichen-arbeiten>) werden beachtet. In der gesamten Arbeit werden die Zitationsregeln (APA) des Instituts beachtet und ein Literaturverzeichnis wird beigelegt. Selbstständigkeitserklärung ist handschriftlich mit Ort und Datum unterschrieben. Es findet in der Hausarbeit ein korrekter Umgang mit Fremdwörtern, Fachbegriffen und Definitionen, was bspw. heißen kann, dass Wortbedeutungen mit Hilfe verschiedener Ansätze reflektiert und Arbeitsdefinitionen mit Literaturbezügen erarbeitet werden. Die Hausarbeit ist gemäß dem formalen Aufbau und der Grobstruktur wissenschaftlicher Arbeiten verfasst, dabei wird eine angemessene Feinstruktur umgesetzt und im Rahmen der inneren Struktur wird ein durchgängiger Zusammenhang zwischen den Teilen hergestellt. Sprache und Stil sind präzise, prägnant, unprätentiös, verständlich und gendergerecht. Orthografie, Interpunktion und Grammatik sind korrekt und verständlich.
- **Umfang:**
Ca. 10 Seiten reiner Text plus Verlaufsplan, Materialien, Literaturverzeichnis, Selbstständigkeitserklärung und Verzeichnisse. Hinweis: ein paar Seiten mehr oder weniger sind nicht weiter schlimm, solange sie zu einer logischen, plausiblen, schlüssigen und vollständigen Gedankenführung beitragen.

Abbildung 10: Vorgaben für die Modulabschlussprüfungen (MAP) in Form von Hausarbeiten zur Begründung und Reflexion des entworfenen Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4.

Auf einer theoretischen Ebene wurden die Begriffe Thema, Gegenstand und Ziel voneinander differenziert, denn erst indem ein Gegenstand unter einer pädagogischen Zielvorstellung, einer als pädagogisch erachteten Fragestellung für die Behandlung im Unterricht ausgewählt wird, wird er zu einem Thema. Anhand von Beispielen ist dies auch praktisch von den Studierenden selbstständig in den Gruppen geübt worden. Zur gelungenen Formulierung von Zielen wurden die SMART-Kriterien (Lazarus, 2004; Jung, 2007; Lersch & Schreder, 2013; Sperling, 2009) diskutiert und anschließend erprobt. Im Anschluss daran wurden die verschiedenen Lernarrangements in den Gruppen für die nächste Seminarphase vorzeigbar gemacht. Die Studierenden erhielten am Ende der zehnten Sitzung die Aufgabe, ihre Weiterentwicklung in Form der Reflexionsaufgabe zu reflektieren.

Ab der Lehrveranstaltung der 2. Teilstudie zu den Schadstoffen in der Luft wurde der Entwicklung der Lernarrangements im Sinne einer formativen Evaluation mehr Raum eingeräumt und die Chemielehramtsstudierenden zum kollegialen Austausch aufgefordert. Inhaltlich wurde hier noch stärker auf die *fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen* eingegangen. Dieser Begriff wurde im Seminar verwendet, um auch begrifflich darauf hinzuweisen, dass fachdidaktische Entscheidungen mehr als nur Methoden sind, Methoden aber für die Organisation der Lehr-Lern-Prozessstruktur notwendig sind und mit den anderen fachdidaktischen Entscheidungen abzustimmen sind. In der dritten Sitzung, in der die Chemielehramtsstudierenden in ihren Gruppen die Lernarrangements entwickeln konnten, wurde konkret an den verschiedenen Lernarrangements über die Begründungen für die eingesetzten Medien und für die methodische Strukturierung diskutiert. Darüber hinaus wurde auch explizit reflektiert, welchen Bildungsbeitrag die konstruierten Lernprozesse mit Blick auf „epochaltypische Schlüsselprobleme“ (Klafki, 1996a, S. 58) haben können und, inwiefern kategoriale Bildung Beiträge zur Selbstbestimmung, Mitbestimmungsfähigkeit und Solidaritätsfähigkeit im Sinne Klafkis (1996a) leisten. Die Lehrveranstaltung von Teilstudie 3 setzte inhaltlich auch die Erweiterungen aus Teilstudie 2 hinsichtlich des Konzepts von Teilstudie 1 um.

Teilstudie 4 unterscheidet sich von den anderen Teilstudien in dem Sinne, dass hier grundlegende fachdidaktische Themen, wie Unterrichtskonzepte und Unterrichtsverfahren, Medien sowie Diagnose und Differenzierung, aufgearbeitet wurden. In den anderen Teilstudien erfolgte die *Thematisierung von fachdidaktischen Grundlagen adaptiv* zu den Lernarrangements und den jeweiligen Bedarfen. Da das Seminar von Teilstudie 4 obligatorische Inhaltelemente hatte, die grundlegend zu vermitteln waren, und die Studierenden selbst am wenigsten weit in ihrem Studium fortgeschritten waren, unterscheidet sich die Seminarphase Vermittlung anbahnen stark von denen der anderen Teilstudien. Damit die Chemielehramtsstudierenden einen möglichst großen Mehrwert aus der Thematisierung dieser fachdidaktischen Grundlagen ziehen konnten, wurden diese Inhaltelemente nicht en Block am Anfang des Seminars thematisiert, sondern eingebettet in die Prozesse zur Entwicklung der Lernarrangements. Diese Einbettung erfolgte derart, dass die Sitzung zu den fachdidaktischen Grundlagen und die erste Sitzung zur Entwicklung der Lernarrangements wie in den anderen Teilstudien abliefen, dann fand als Unterstützung zu den Planungsprozessen die Vermittlung der obligatorischen Inhalte statt. Im Zuge der Thematisierung der Unterrichtskonzepte und Unterrichtsverfahren wurden begrifflich Unterrichtskonzepte und Unterrichtsmethoden differenziert (Terhart, 2009b, S. 351; Jank & Meyer, 2021; Sommer, 2018).

Um die Möglichkeiten der verschiedenen *Unterrichtsmethoden* aufzuzeigen, wurden mit den Chemielehramtsstudierenden die Homepage „Unterrichtsmethoden im konstruktiven und systemischen

Methodenpool“ von Kersten Reich (2017) und die Homepage „Methodenpool für sprachsensiblen Fachunterricht“ des Mercator-Instituts für Sprachförderung und Deutsch als Zweitsprache (Gantefort, 2019) erkundet. Darüber hinaus wurde den Chemielehramtsstudierenden die Publikation „Methoden für den Unterricht“ von Mattes (2002) und die „Methodenbox für den Chemieunterricht“ (Planungstagung Chemie der Bezirksregierungen Düsseldorf und Köln, 2010) an die Hand gegeben. Um Unterricht planen zu können, wurden die verschiedenen Unterrichtsprinzipien wiederholt und auf den Chemieunterricht angewendet (Kakoschke, 2018). Um sich mit methodischen Entscheidungen auf einer übergeordneten Ebene auseinandersetzen zu können, wurden die allgemeinen Konzepte des genetischen Verfahrens, des elementhaft-synthetischen Vorgehens und des ganzheitlich-analytischen Vorgehens vorgestellt (Reiners, 2022). Als Unterrichtsverfahren wurden exemplarisch für den Chemieunterricht das forschend-entwickelnde Verfahren (Schmidkunz & Lindemann, 1995) und das historisch-problemorientierte Verfahren (Jansen et al., 1986a; Jansen et al., 1986b) erörtert.

Um methodische Entscheidungen in konkreten Schritten fassbar zu machen, wurde unter dem Rückgriff auf Lerschs (2007) *Angebot-Nutzungsmodell* des kompetenzorientierten Unterrichts die Unterteilung von Methoden in Erscheinungsformen, die beobachtbar sind, und in ihr Wesen, welches interpretierbar ist, nach Klingberg (1973) vorgestellt. Klingbergs Unterteilung differenziert als beobachtbare Erscheinungsformen die methodischen Grundformen, wie das Unterrichtsgespräch, und die Kooperationsformen, wie die Einzelarbeit, vom interpretierbaren Wesen der Methoden hinsichtlich didaktischer Schritte, wie Erarbeitungs- oder Hinführungsphase, und logischer Verfahren, wie Vergleichen oder Abstrahieren. Durch diese Differenzierung kann der Stellenwert der einzelnen Entscheidungen im Planungsprozess analysierbar für die Chemielehramtsstudierenden werden und ihnen dabei helfen, adäquate und zielführende Begründungen für die Entwicklung ihrer Lernarrangements zu liefern. Als Hilfestellung zur Planung von naturwissenschaftlichem Unterricht sind *didaktische Werkzeuge*, etwa die sog. Methodenwerkzeuge von Leisen (2015), mit den Studierenden diskutiert worden. Um sich dem Gegenstand Medien im Chemieunterricht zu nähern, wurde etwa auf die Einteilung von Medien nach Stumpf (1979) eingegangen und Medien als vermittelndes Element, welches „zwischen den Lernenden und dem Lerngegenstand tritt“ (Reiners, 2022, S. 114) am Beispiel der verschiedenen Darstellungsebenen von Sprache im Chemieunterricht anhand der Standardsituationen für Sprachsituationen nach Leisen (2015) illustriert. Diese Aspekte wurden dann konkret auf die Lernarrangements angewendet.

Der Inhalt *Diagnose und Differenzierung* wurde mit dem Ziel, im Chemieunterricht mit Heterogenität umgehen zu können, bearbeitet. Dazu wurden die Zwecke, Inhalte und Methoden zur Diagnose

und Differenzierung im Chemieunterricht fokussiert (Klafki, 1996e; Groß, 2022; Ingenkamp & Lissmann, 2008; Reiners & Adesokan, 2018). Exemplarisch wurden bezogen auf den Diagnoseprozess im Chemieunterricht ein Selbsteinschätzungsbogen zum Thema Stoffe und Stoffeigenschaften (Groß, 2022, S. 188) und bezogen auf Differenzierung im Chemieunterricht Möglichkeiten des Differenzierens beim Experimentieren nach Leistung, Lerntempo und Interesse (Groß, 2022, S. 196) thematisiert.

4.2.3 Seminarphase Vermittlung reflektieren

Nachdem bei den Chemielehramtsstudierenden in der Seminarphase Vermittlung anbahnen die Konstruktion von Lernarrangements im Vordergrund stand, fokussiert die Seminarphase *Vermittlung reflektieren* (vgl. Tabelle 9) die Analyse und Evaluation von fremden Lernarrangements sowie die Optimierung der eigenen Lernarrangements. Da aufgrund der Einschränkungen der COVID19-Pandemie und der fehlenden Zeitkomponenten eine Durchführung der konstruierten Lernarrangements mit realen Lernenden nicht zu realisieren war, wird in dieser Seminarphase die evaluative Analyse nicht nur aus Sicht der Kommiliton*innen, die eine gleichlautende Aufgabe zu bearbeiten haben, stattfinden, sondern die Kommiliton*innen sollen sich in die Rolle der Lernenden versetzen und diese Lernarrangements mit dem Blick der Lernenden analysieren. Durch diese Analyse und Evaluation von zwei verschiedenen Standpunkten aus wird sich versprochen, dass die verschiedenen Gruppen mehrschichtige Anregungen zur Optimierung erhalten. Dazu finden sich immer zwei Arbeitsgruppen von Chemielehramtsstudierenden zusammen, die gegenseitig ihre Lernarrangements mit vorgegebenen Leitfäden, die im Folgenden erläutert werden, untersuchen. Dies hat auch eine didaktische Funktion, denn durch den Fakt, dass diejenigen, deren Lernarrangement untersucht wird, auch Rückmeldung zum eigenen Lernarrangement geben müssen, besteht ein *reziprokes Abhängigkeitsverhältnis*. Dieses ist absichtlich herbeigeführt, damit die Chemielehramtsstudierenden einen Anreiz haben, dass die Rückmeldungen konstruktiv und ernsthaft erfolgen.

Auf einer Metaebene erhalten die Chemielehramtsstudierenden durch die Lernsituationen dieser Seminarphase Einblicke in die Arbeitsweisen von Wissenschaftler*innen. Denn Wissenschaftler*innen forschen nicht nur im Labor oder werten Daten aus, sie müssen ihre Ergebnisse auch dokumentieren und kommunizieren (Nehring & Lüttgens, 2019; Wentorf, Höffler & Parchmann, 2015). Zur Absicherung der Glaubwürdigkeit dieser Ergebnisse werden wissenschaftliche Publikationen einem *Peer-Review-Prozess* unterzogen, was heißt, dass der Publikationsentwurf von einer anderen Person, die auch Wissenschaftler*in ist, im Hinblick auf wissenschaftliche Qualitätskriterien

geprüft wird (Gutknecht-Gmeiner, 2008; Lewis et al., 2022; Herb, 2023). Um den Chemielehramtsstudierenden Sinn und Zweck des Peer-Review-Prozesses deutlich zu machen, wurde das folgende Zitat des Soziologen Weingart (2001) eingesetzt:

>Peer-Review< steht für die Begutachtung und Bewertung von Publikationen und Forschungsanträgen, das heißt wissenschaftlicher Wissensbehauptungen durch die dazu allein kompetenten Kollegen (>peers<). Die Begutachtung, die Kritik und möglicherweise den Zwang zur Korrektur beinhaltet, ist die Voraussetzung der Zertifizierung des solcherart geprüften Wissens. Es reicht nicht aus, daß (sic!) der einzelne Wissenschaftler behauptet, eine neue Erkenntnis gewonnen oder eine neue Entdeckung gemacht zu haben. Sie bedarf vielmehr der Überprüfung und Lizenzierung durch die Gemeinschaft der kompetenten Kollegen, um als anerkannt und gesichert zu gelten (Weingart, 2001, S. 284 f.).

Damit die Anmerkungen zu den Lernarrangements vergleichbar und konkret erfolgen können, haben die Chemielehramtsstudierenden für die jeweiligen Perspektiven erweiterbare Leitfäden zur kriterialen Analyse an die Hand bekommen (in Abb. 11 ist ein Ausschnitt des Leitfadens eingefügt). Dieser *Leitfaden* enthielt die folgenden Aspekte: a) Fachwissen, b) Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse bezogen auf SSI und c) Fachdidaktik. Die verschiedenen Begutachungskriterien zu den ersten beiden Aspekten orientieren sich an den Kategorien, die zur Datenauswertung für Forschungsfrage 1 genutzt worden sind, und die Begutachungskriterien zu den Aspekten zur Fachdidaktik orientieren sich an den Vorgaben zur Konstruktion von Lernarrangements aus dem Seminar. Im Folgenden werden die verschiedenen Begutachungskriterien am Beispiel Mikroplastik der Teilstudien 1 und 3 erläutert. Bezogen auf Aspekte des Fachwissens sollten die Chemielehramtsstudierenden prüfen, ob a) charakteristische Eigenschaften von Mikroplastik, b) Entstehung, Bildung und Emissionsquellen von Mikroplastik, c) Folgen von Mikroplastik für Menschen, Tiere und Umwelt, und d) Grenzwerte und deren Implikationen (bspw. Intentionen von Grenzwerten oder Grenzwertsetzungsprozesse) Berücksichtigung finden.

Bezogen auf Aspekte der Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse bezogen auf SSI sollten die Chemielehramtsstudierenden prüfen, ob a) Experten-Laien-Verhältnisse berücksichtigt werden, b) Unsicherheiten und Evidenzen zur Bildung eines Urteils oder konkurrierender Positionen auf einer fachlichen Grundlage verglichen und abgewogen werden, dabei wird der Umgang mit und die Einschätzung von Evidenzen in verschie-

denen Formaten, wie Internet (Facebook, Instagram, YouTube, ...), Sachbücher, Magazine, Wissenschaftliche Quellen, angeleitet, c) die Lernenden zur Reflexion im Hinblick auf Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen von chemiespezifischen Methoden zur Erkenntnisgewinnung von Mikroplastik angeleitet werden, und d) den Lernenden Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation in Wissenschaft aufgezeigt werden.

Lernarrangements zu Mikroplastik, WiSe 2021/2022

Lernarrangement: Titel
Reviewer*innengruppe: Namen

	Begutachtungskriterien	Erfüllt?	Begründungen
Fachdidaktik	Fd1 Es werden kompetenzorientierte Ziele festgelegt und begründet (KLP, Bildungsstandards), es werden die Lernbedingungen (Voraussetzungen, potenzielle Schwierigkeiten) der Lernenden, die notwendig sind, reflektiert, es wird herausgearbeitet, was die Lernenden durch dieses Lernarrangement lernen sollen (Lernoutput)		
	Fd2 Wenn Experimente eingebunden worden sind, wurden sie fachdidaktisch begründet (Ziele, Bedingungen, Output)		
	Fd3 Es wird eine Ablaufstruktur (Einstieg, Gelenkstelle, Erarbeitung, Sicherung etc.) für das Lernarrangement festgelegt und ihre Gestaltung reflektiert begründet		
	Fd4 Einbindung in einen konkreten Kontext mit Gegenwartsbezug und Relevanz für die Lernenden		
	Fd5 Die Lernenden werden durch die Lernarrangements zur Teilhabe durch einen handlungsorientierten Lerngewinn unter Berücksichtigung verschiedener Kompetenzbereiche angeleitet		
	Fd6 Es werden konkrete Aufgaben formuliert und begründet sowie ein Lernprodukt erstellt		
	Fd7 Fachdidaktische Grundlagen zur Vermittlung, wie bspw. Erkenntnisse zu Schüler*innenvorstellungen, Differenzierung und Diagnose, Methodenvielfalt, Medien, Modelle und Fachsprache, werden einbezogen		

Abbildung 11: Ausschnitt aus dem Leitfaden zum Review der Lernarrangements der anderen Gruppen aus Teilstudie 3 zu fachdidaktischen Begutachtungskriterien.

Bezogen auf Aspekte der Fachdidaktik sollten die Chemielehramtsstudierenden prüfen, ob a) kompetenzorientierte Ziele festgelegt und begründet (KMK, 2005; KMK, 2020; MSB NRW, 2019; MSB NRW, 2022) werden, Lernbedingungen (Voraussetzungen, potenzielle Schwierigkeiten) der Lernenden, die zum Lernerfolg notwendig sind, reflektiert werden, herausgearbeitet wird, was die Lernenden durch dieses Lernarrangement lernen sollen (Lernoutput), b) ob und wie eingebundene Experimente begründet werden, c) eine Ablaufstruktur (Einstieg, Gelenkstelle, Erarbeitung, Sicherung etc.) für das Lernarrangement festgelegt und ihre Gestaltung reflektiert begründet wird, d) die Einbindung in einen konkreten Kontext mit Gegenwartsbezug und Relevanz für die Lernenden erfolgt, e) die Lernenden durch die Lernarrangements zur Partizipation durch einen partizipationorientierten Lerngewinn unter Berücksichtigung verschiedener Kompetenzbereiche angeleitet werden, f) konkrete Aufgaben formuliert und begründet werden und ob ein Lernprodukt erstellt werden soll, g) fachdidaktische Grundlagen zur Vermittlung, wie bspw. Erkenntnisse zu Schüler*innenvorstellungen, Differenzierung und Diagnose, Methodenvielfalt, Medien, Modelle und

Fachsprache, einbezogen werden. Diese Kriterien unterscheiden sich von den Kriterien, die Wissenschaftler*innen in der Regel an die Hand gegeben bekommen (Weingart, 2001; Gutknecht-Gmeiner, 2008; Lewis et al., 2022; Herb, 2023), derart als dass sie konkret bezogen auf die Lernarrangements formuliert sind und sich damit sowohl auf eine konkrete als auch auf eine abstrakte Ebene beziehen.

Für die Simulation haben sich die Chemielehramtsstudierenden in die Rolle eines Lernenden begeben, das Lernarrangement bearbeitet und dabei mögliche a) Chancen (was war gut?), b) Probleme, c) Ungenauigkeiten und d) Herausforderungen antizipierten. Dazu haben die Studierenden ein Beispieldokument erhalten, welches sie nutzen konnten, um die Rückmeldungen zu dokumentieren. Es wurde darauf hingewiesen, dass Aspekte nicht nur genannt, sondern auch begründet und erläutert werden sollen, damit die Ersteller*innen der Lernarrangements die Anmerkungen nachvollziehen und umsetzen können. Im Anschluss an diese Prozesse erläuterten die Studiengruppen ihre Ergebnisse aus den Peer-Review-Prozessen und den Simulationen den Konstrukteuren der Lernarrangements. Im Anschluss daran gingen die Konstrukteure in ihren Gruppen in einen Austausch zu den erhaltenen Rückmeldungen und überlegten gemeinsam, was sie davon wie umsetzen wollen. Anschließend bekamen die Studierenden im Kontext des Seminar Zeit, ihre Lernarrangements zu optimieren und Anregungen beim Dozierenden einzuholen. Die Anregungen des Dozierenden waren dabei nicht lenkend, sondern impulsgebend und zur Klärung von formalen Fragen. Diese Seminarphase schloss mit der Bilanzierung in Form der Reflexionsaufgabe ab. In der letzten Seminarsitzung fand der Abschluss des Seminars und die Erhebung der Postfragebögen statt. Die Chemielehramtsstudierenden konnten den gesamten Seminarprozess mit dem Dozierenden Revue passieren lassen und es gab Möglichkeiten, offene Fragen zu klären.

4.3 Datenerhebungsmethoden

Im folgenden Kapitel werden die verwendeten Instrumente zur Datenerhebung jeweils beschrieben und in ihrer Auswahl begründet. Adaptionen in den Erhebungsinstrumenten zur Beantwortung der Forschungsfragen werden in den jeweiligen Kapiteln erläutert. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine qualitative Untersuchung durchgeführt, die stark explorativen Charakter hat. Denn eine qualitative Herangehensweise versucht die Denkweisen der Befragten nachzuvollziehen, um Antworten darauf zu finden,

warum Menschen fachliche Inhalte so unterschiedlich verstehen, wenn man ein neues Forschungsfeld explorativ erkunden und dadurch ggf. zur Theorienbildung und -entwicklung beitragen möchte (Schecker, Parchmann & Krüger, 2014, S. 11).

Qualitative Forschung orientiert sich an verschiedenen Prinzipien, die nicht einheitlich definiert sind. In dieser Arbeit werden die Prinzipien nach Lamnek und Krell (2016) verwendet: Offenheit, Forschung als Kommunikation, Prozesscharakter von Forschung und Gegenstand, Reflexivität von Gegenstand und Analyse, Explikation und Flexibilität. Gleichwohl gibt es noch weitere Prinzipien qualitativer Forschung (etwa Döring & Bortz, 2016), die jedoch denen in dieser Studie verwendeten ähnlich sind. Im Gegensatz dazu steht die quantitative Sozialforschung mit ihren drei Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität.

Zur Wahrung des *Prinzips der Offenheit* (Lamnek & Krell, 2016), nach dem der „Wahrnehmungstrichter empirischer Sozialforschung so weit wie möglich offen zu halten, um auch unerwartete (...) Informationen zu erhalten“ (Lamnek und Krell, 2016, S. 33) wurden etwa die Fragebögen als offene halbstandardisierte Fragebögen gestaltet und in den problemzentrierten Interviews Raum für individuelle Anmerkungen gelassen und von den Probanden eingefordert, ihre Sichtweisen darzulegen (s. Anhang). Im Rekurs auf dieses Prinzip wurden keine Hypothesen für diese Forschung entwickelt, was jedoch nicht heißt, dass diese Forschung ohne theoretische Reflexionen auskommt, die sie leiten. Aus diesem Grund wurden nach Aufdeckung der Forschungslücken theoriebasierte Annahmen für diese Untersuchungen formuliert (vgl. Kap. 3.3). Das Prinzip der *Forschung als Kommunikation* (Lamnek & Krell, 2016) kann jedoch auf das gesamte Forschungsprojekt bezogen werden, denn im gesamten Forschungsprozess findet eine Kommunikation zwischen Forscher und Erforschten statt, da der Forscher als Dozierender die Interventionsseminare durchführt. Gerade die Interviews haben einen stark interaktiven Charakter, denn hier sind Rückfragen möglich und

die Befragten werden „als prinzipiell orientierungs-, deutungs- und theoriemächtiges Subjekt“ (Schütze, 1978, S. 118) behandelt. Daraus folgt, dass hier die individuellen und subjektiven Einsichten wahrgenommen und eingefordert werden.

Da die Kommunikation mit den Befragten in dieser Forschung im Fokus steht, hat dies Einfluss auf die Aussagekraft der Forschung. Gemäß dem Prinzip des *Prozesscharakters von Forschung und Gegenstand* (Lamnek & Krell, 2016) in der qualitativen Forschung sind der Forschende, wie auch die Befragten, konstitutiver Bestandteil des Forschungsprozesse und diese Involviertheiten beeinflussen auch die Daten. Dies hebt die Wichtigkeit der Verfahrensdokumentation der Triangulation von Erhebungs- und Auswertungsmethoden sowie der Maßnahmen zur Sicherung reliabler Aussagen über den Einbezug von unabhängigen Kodierenden hervor. Das Prinzip der *Reflexivität von Gegenstand und Analyse* (Lamnek & Krell, 2016) besagt, dass sowohl Forscher als auch Untersuchungsinstrument aufgrund der kommunikativen und reflexiven Beziehung zwischen Forscher, Beforschten und Gegenstand anpassungsfähig sind und im Forschungsprozess bleiben. Döring und Bortz (2016) verstehen hierunter das Prinzip der Zirkularität und Flexibilität, dabei rekurren sie auf die prinzipielle Offenheit von qualitativer Forschung, denn

in mehreren Untersuchungszyklen innerhalb einer Studie sollen anhand der Zwischenergebnisse jeweils das Untersuchungsdesign, die Auswahl der Fälle und/oder die Datenerhebungs- und Datenanalyse-Hilfsmittel überarbeitet (Flexibilität des Vorgehens) und dem untersuchten Gegenstand somit schrittweise immer besser angepasst werden (Zirkularität bzw. Spiralförmigkeit der verstehenden Annäherung an den Untersuchungsgegenstand) (Döring & Bortz, 2016, S. 68)

können. Diese Auffassung von Döring und Bortz (2016) wird bei Lamnek und Krell (2016) in mehreren Prinzipien manifestiert. Dabei sehen sie als *Prinzip der Flexibilität* (Lamnek & Krell, 2016) als eigenständiges Prinzip aufgrund der stark explorativen Anteile einer qualitativen Forschung im Vergleich zu standardisierter quantitativer Forschung, denn der Blickwinkel in der qualitativen Forschung „zunächst weit ist und erst im Verlauf der Untersuchung fortschreitend zugespitzt wird“ (Lamnek & Krell, 2016, S. 37). Gerade in den Interviews ist es wichtig, dass flexibel auf die Leistungen der Befragten eingegangen werden kann und sie dadurch differenziert werden können, denn „durch das stetige Einbeziehen der erhaltenen Daten für die nachfolgenden Untersuchungsschritte“ (Lamnek & Krell, 2016, S. 37) wird die Flexibilität gewährleistet. Gemeinsam mit dem vorherigen Prinzip wird deutlich, dass innerhalb der qualitativen Forschung Erhebungs- und Auswertungsverfahren prinzipiell anpassbar sein müssen. Lamnek und Krell (2016) heben in ihrem

Prinzip der *Explikation* die Wichtigkeit der Verfahrensdokumentation zum Zwecke der Nachvollziehbarkeit der Arbeiten des qualitativen Forschers hervor, womit die Interpretationen nachvollziehbar und intersubjektiv werden. Dies ist vergleichbar mit dem Gütekriterium der Objektivität aus der quantitativen Sozialforschung. Die beschriebenen Prinzipien von Lamnek und Krell (2016) sind *forschungsleitend*. Im Folgenden wird darüber hinaus zur Stützung auf weitere Prinzipien, die Steinke (2015) als Kriterien bezeichnet, eingegangen: intersubjektive Nachvollziehbarkeit und Triangulation. Die intersubjektive Nachvollziehbarkeit (Steinke, 2015) steht nicht im Einklang mit dem Anspruch der quantitativen Forschung auf intersubjektive Überprüfbarkeit, denn eine

identische Replikation einer Untersuchung ist schon allein aufgrund der begrenzten Standardisierbarkeit des Vorgehens in der qualitativen Forschung unmöglich. Angemessen für qualitatives Vorgehen ist der Anspruch auf Herstellung von intersubjektiver Nachvollziehbarkeit des Forschungsprozesses (Steinke, 2015, S. 324).

Dies kann erstens über die Dokumentation des Forschungsprozesses, zweitens über die Interpretation der Daten mit peers und drittens über die Anwendung vereinheitlichter Verfahren erfolgen. Zur *Dokumentation des Forschungsprozesses* ist es wichtig, dass das Vorverständnis des Forschers zum Gegenstand beschrieben wird – in dieser Studie ist dies über die Benennung von Forschungslücken und dem Abstecken von Annahmen für die Forschung (vgl. Kap. 3.3) erfolgt. Ebenso ist es notwendig, die konkreten Datenerhebungsmethoden und Erhebungssituationen sowie die Datenauswertungsmethoden zu beschreiben. Da die Daten nicht als Rohdaten verwendet werden können, bedürfen sie einer Aufbereitung: die geführten Interviews sind regelgeleitet transkribiert worden und die weiteren Datenquellen sind im Hinblick auf Aspekte den Datenschutz betreffend bearbeitet worden. Die *Interpretation mit peers* stellt eine „diskursive Form der Herstellung von Intersubjektivität und Nachvollziehbarkeit durch expliziten Umgang mit Daten und deren Interpretation“ (Steinke, 2015, S. 326) dar. In diesem Forschungsprojekt ist dies mithilfe des Einbezugs von weiteren Expert*innen, die im Bereich der Chemiedidaktik forschen, dadurch realisiert worden, dass sie zur Berechnung einer Interkoderreliabilität (Mayring, 2015b) die Daten mit den entwickelten Kodierleitfäden, die der Forschende genutzt hat, auch kodiert haben und sich im Anschluss mit dem Forschenden darüber ausgetauscht haben. Um dem Aspekt der *Anwendung vereinheitlichter Verfahren* im Forschungsprojekt Rechnung zu tragen, wurden die Daten bezogen auf die Forschungsfragen mithilfe der Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse in Anlehnung an Mayring (2015b) untersucht. Dabei wurden deduktiv und induktiv abgeleitete Kategorien angewandt.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen reicht es nicht aus, nur mit einem Erhebungsinstrument vorzugehen. Es bedarf des Blickes aus verschiedenen Perspektiven auf den Untersuchungsgegenstand – dieses Vorgehen wird als Triangulation bezeichnet. Denzin (1978) versteht unter Triangulation eine Strategie der Validierung und unterscheidet folgende vier Formen: *Datentriangulation*, *Investigator-Triangulation*, *Theorien-Triangulation* und als zentrale Triangulationsform die *Methodentriangulation*. Flick (2011) beschreibt den Mehrwert einer Triangulation wie folgt:

Durch die Triangulation (etwa verschiedener Methoden und Datensorten) sollte ein prinzipieller Erkenntniszuwachs möglich sein, dass also bspw. Erkenntnisse auf unterschiedlichen Ebenen gewonnen werden, die damit weiter reichen, als es mit einem Zugang möglich wäre (Flick, 2011, S. 12).

In der Datentriangulation werden Daten, „die verschiedenen Quellen entstammen und zu verschiedenen Zeitpunkten, an unterschiedlichen Orten oder bei verschiedenen Personen erhoben“ (Flick, 2015, S. 310) worden sind, kombiniert. Im Forschungsprojekt wurde dies u. a. erreicht, indem die Fragebögen bezüglich beider Forschungsfragen einmal vor und einmal nach dem Lernangebot ausgefüllt wurden. Auch die Interviews wurden an verschiedenen Zeitpunkten als Interview und als Follow-Up-Interview durchgeführt. Die *Investigatortriangulation* wird dadurch erreicht, dass verschiedene Investigatoren „die Interpretation erhobener Daten nur in Gruppen“ (Flick, 2015, S. 312) durchführen. Dies deckt sich mit der Interpretation in peers und ist über das Interkodieren durch weitere Personen sowohl für die Fragebögen als auch für die Interviews sowie die Lernarrangements erfolgt. Die Verwendung verschiedener Erhebungsinstrumente, wie der Fragebögen, der Interviews und der im Seminar erstellten Lernarrangements stellt eine *Methodentriangulation* dar. Dabei handelt es sich um eine *between-method Triangulation*, da verschiedene Methoden eingesetzt werden. Ebenso wurde innerhalb des Forschungsprojekts auch die *within-method Triangulation* angewendet, in der innerhalb eines Erhebungsinstruments verschieden vorgegangen wird. Im Forschungsprojekt wurde dies dadurch gewährleistet, dass im Fragebogen das (Fach-) Wissen zur Partizipation deduktiv und die Perspektiven zur Vermittlung induktiv ausgewertet wurde. Dies wurde auch für die Interviews als Erhebungsmethode umgesetzt.

Um Daten bei Proband*innen erheben zu können, ist es notwendig, dass sie über die Zwecke des Forschungsprojekts informiert werden und freiwillig in Form einer Einwilligung erklären, an diesem Forschungsprojekt teilzunehmen. Dazu wurde den Chemielehramtsstudierenden mündlich unter Rückgriff auf Abbildung 4 erläutert, wie das Forschungsprojekt aufgebaut ist, welche Daten erhoben werden sollen, wie diese ausgewertet und gemäß den Vorgaben des *Datenschutzes* konform behandelt werden. Zusätzlich haben die Proband*innen ein Informationsschreiben erhalten, in

dem diese Inhalte zusammengefasst sind. Die Einwilligung zur Verwendung der Daten in diesem Forschungsprojekt erfolgte über ein zu unterschreibendes Formular, damit nachweisbar ist, dass diese Person über das Vorhaben informiert worden ist, sich freiwillig zur Teilnahme entschieden hat und jederzeit ohne Angaben von Gründen ihre Einwilligung widerrufen kann, was die Löschung der Daten zur Folge hat. Im Anhang findet sich die verwendete Datenschutzerklärung und die Einverständniserklärung als Blankoformular. Nach Projektende werden aus Datenschutzgründen die Einwilligungserklärungen gelöscht. Im Rahmen von Publikationen werden ausnahmslos anonymisierte Datensätze verwendet. In dieser Studie ist es nicht möglich, mit anonymen Datensätzen zu arbeiten, da dem *Prinzip der Triangulation* folgend der Forschende Informationen zur Zuordnung von Daten zu Personen benötigt, weshalb die Forschungsdaten im Forschungsprozess für den Forschenden als pseudonymisiert einzustufen sind. Die Proband*innen wurden gebeten, in sämtlichen Erhebungsinstrumenten keine Angaben zu machen aus denen sie direkt identifizierbar wären. Die Studierenden haben zur einfacheren Identifikation einen persönlichen Code formuliert. Dieser Code dient der Identifikation ohne Nennung des konkreten Namens. Diese selbstgewählten Codes wurden durch den Forschenden insofern abgeändert, als dass alle von den Probanden selbstgewählten Codes in zufällig entwickelte Buchstaben- und Zahlenfolgen in anonyme Codes umgewandelt worden sind. Da auch die von den Chemielehramtsstudierenden entwickelten Lernarrangements Angaben über die Personen im Rahmen ihrer Modulabschlussprüfung enthalten, sind diese Angaben komplett gelöscht worden, sodass diese Daten nur noch anhand des anonymen Codes beziehbar und mit den anderen Personen vergleichbar sind.

In der Datenschutzerklärung werden die verschiedenen Datenerhebungsinstrumente und der Zweck der Datenerhebung vorgestellt (ein Muster befindet sich in Kapitel 10.1.1). Die Datenerhebung in Interviews erfolgt mittels Aufnahme durch ein Gerät mit lokalem Datenspeicher. Die anschließende Speicherung der Audiodateien erfolgt nur auf gesicherten Servern im Verantwortungsbereich der Universität zu Köln (Regionales Rechenzentrum (RRZK)). Die Abschriften werden in einer Datenbank erfasst und von der fachverantwortlichen Person zuvor auf wirksame Anonymisierung überprüft. Die Fragebögen werden mittels des Tools LimeSurvey ausgefüllt. LimeSurvey ist eine freie Umfragesoftware, die auf Servern im Verantwortungsbereich der Universität zu Köln (RRZK) installiert wurde. Mit ihr lassen sich webbasierte Umfragen erstellen, veröffentlichen und durchführen. Die Befragungsergebnisse werden in einer Datenbank erfasst und vom fachverantwortlichen Befragungsersteller vor einem Export ggf. wirksam anonymisiert. Alle von den Befragungsteilnehmer*innen erhobenen Angaben werden nach maximal 24 Monaten nach Beendigung der Befragung endgültig vom LimeSurvey-Server des RRZK gelöscht. Über das Befragungsformular hinaus werden außerdem vom Umfragesystem LimeSurvey Log-Daten verarbeitet. Zugriff auf

diese Log-Daten haben ausschließlich die Systemadministrator*innen im RRZK. Ein Abgleich der Log-Daten mit anderen Datenbeständen oder eine Weitergabe an Dritte erfolgen nicht. Die Datenerhebung über Dokumente in Form von Arbeits- und Reflexionsergebnissen (wie Lernarrangements oder Reflexionsaufgaben) erfolgt über die Plattform ILAS der Universität zu Köln. Hier werden die Dokumente über eine Uploadfunktion anonymisiert abgegeben und innerhalb der Dokumente ist der selbst generierte Code anzugeben. Mit Blick auf die gute wissenschaftliche Praxis werden nach Abschluss des Forschungsvorhabens die personenbezogenen Daten und die Primärdaten dieser Forschung für 10 Jahre anonymisiert in der Forschungsgruppe aufbewahrt und dann gelöscht, sofern nicht darüberhinausgehende gesetzliche Aufbewahrungspflichten bestehen.

Bevor in den folgenden Kapiteln die einzelnen Erhebungsmethoden der Reihe nach vorgestellt werden, wird an dieser Stelle dargestellt, wie die jeweils gewonnenen Daten aufbereitet worden sind. Die mit LimeSurvey erhobenen Fragebögen wurden exportiert und ebenso, wie die auf der Onlinelernplattform ILIAS hochgeladenen Reflexionsaufgaben und Lernarrangements, in MAXQDA eingefügt. Die geführten Interviews wurden angelehnt an die Transkriptionsregeln nach Dresing und Pehl (2018, S. 22) sowie von Kuckartz (2016, S. 167) transkribiert und ebenfalls in MAXQDA eingefügt. Alle erhobenen Daten wurden vor dem Einfügen in MAXQDA pseudonymisiert. Zum besseren Verständnis auf welche Daten in der Ergebnisdarstellung Bezug genommen wird, wird bei den Zitaten neben dem anonymisierten Code der Person angegeben, um welche Teilstudie und um welches Erhebungsinstrument es sich handelt (Formatierung: Code_Teilstudie_Erhebungsinstrument). Die folgende Tabelle 10 stellt die einzelnen Bedeutungen der Codeanhänge für die Erhebungsinstrumente dar.

Tabelle 10: Abkürzungen der Erhebungsinstrumentbezeichnungen für die Codeanhänge.

Bezeichnung des Erhebungsinstruments	Abkürzung
Prä-Fragebogen	Pr
Post-Fragebogen	Po
Interview	I
Follow-Up-Interview	IFU
Reflexionsaufgaben Wissensaneignung	RWa
Reflexionsaufgaben Vermittlung anbahnen	RVa
Reflexionsaufgaben Vermittlung reflektieren	RVr
Reflexionsaufgaben Abschlussreflexion	RAr
Lernarrangements	La

Da die verschiedenen Erhebungsinstrumente zu verschiedenen Zeitpunkten eingesetzt werden und das Seminar selbst durch seine verschiedenen Projektphasen phasiert aufgebaut ist, wurde dies in Abbildung 12 visualisiert, indem Abbildung 4 erweitert worden ist.

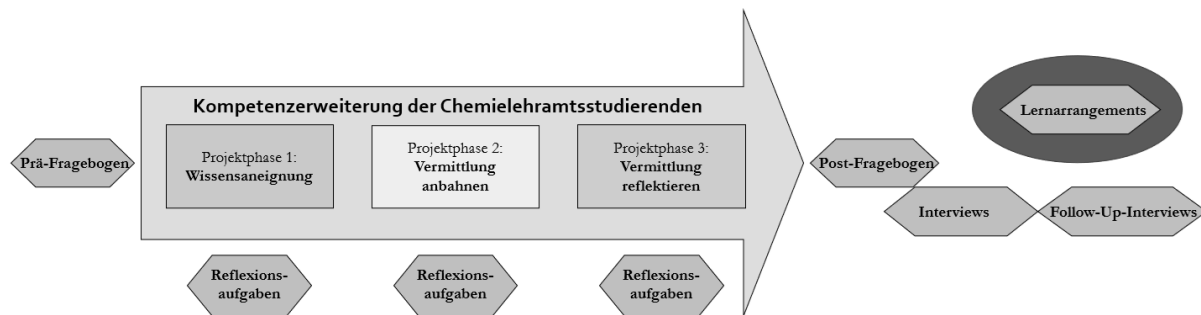


Abbildung 12: Überblick über die verwendeten Erhebungsinstrumente und deren zeitliche Verortung im Seminarverlauf.

Abbildung 12 stellt damit die verwendeten Erhebungsinstrumente in ihrer zeitlichen Verortung im Seminarverlauf dar und daraus können auch inhaltliche Aspekte rückgeschlossen werden. Die mit den Post-Fragebögen erhobenen Daten können mit den Daten der Prä-Fragebögen im Hinblick auf durch die phasierte Lehrveranstaltung, die hier als Intervention anzusehen ist, induzierte Veränderungen direkt verglichen werden, da das strukturell gleiche Erhebungsinstrument eingesetzt worden ist. Die Daten, die mit den Post-Fragebögen erhoben worden sind, werden analytisch trianguliert mit den Daten der Interviews und Follow-Up-Interviews sowie den Reflexionsaufgaben. Die Triangulation erlaubt hier, einen Gegenstand von verschiedenen Sichtweisen mit dem Ziel zu untersuchen, vertiefte Informationen über ihn zu erhalten (Flick, 2011). Der Begriff Triangulation wurde aus der Landvermessung und Geodäsie übernommen (Blaikie, 1991) und stellt „eine ökonomische Methode der Lokalisierung und Fixierung von Positionen und Lagen auf der Erdoberfläche“ (Flick, 2011, S. 11) dar. Die Reflexionsaufgaben sind durch ihre Offenheit und die hohen selbstreflexiven Anteile im Vergleich zu Fragebögen und Interviews als weichere Datenerhebungsinstrumente anzusehen. Die Lernarrangements als Performanzprodukte der Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden sind in erster Linie eigenständige Erhebungsinstrumente zur Beantwortung von Forschungsfrage 2. Die Lernarrangements werden als Instrumente sowohl zur Datenerhebung als Performanzprodukt der Kompetenzen (in Abbildung 12 in oranger Farbe) als auch zur Kompetenzförderung über deren Konzeption und begründeten Reflexion nutzbar gemacht (in Abbildung 12 in roter Farbe) und stellen darüber hinaus konkrete Materialkorpora für reale Vermittlungsprozesse zur Multiplikation in Schule dar.

4.3.1 Prä- und Post-Fragebögen

Um zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 zu prüfen, ob sich die Chemielehramtsstudierenden im Rahmen der Intervention in den Bereichen chemisches Wissen, Grenzwertwissen und der Reflexion von Erkenntnisgewinnungsmethoden verbessert haben, wurden Prä- und Post-Fragebögen

entwickelt. Die zeitliche Verortung dieses Datenerhebungsinstruments ist in Abbildung 12 visualisiert. Die Fragebögen finden sich im Anhang. Im Vergleich zu Interviews sind Fragebögen zu diesem Zweck zeitökonomischer einzusetzen, da sie es erlauben, in der gleichen Zeit die Daten mehrerer Proband*innen zu erheben. Um einen der Vorteile von Interviews, dass die Proband*innen ihre Gedanken, Perspektiven und Begründungen eigenständig entwickeln und strukturieren (Hammann & Jördens, 2014) zu nutzen, wurde ein offener Fragebogen konzipiert. Dieser ermöglicht bei den Studierenden vorhandene Fähigkeiten und die persönlichen Sichtweisen zu erheben (Tiemann & Körbs, 2014). Fehler und falsche Vorstellungen können auf diese Weise ebenfalls erhoben werden, da keine Antwortmöglichkeiten vorgegeben werden, die die Studierenden zufällig auswählen könnten (Lamnek, 2014). Ebenso ermöglicht ein offener Fragebogen auch die Erhebung diverser Ansichten zu den Diskursen um den SSI. Die Ausgabe der Fragebögen als Onlineumfrage per LimeSurvey ist verglichen mit einer Interviewsituation diskreter und anonymer, auch dies ist ein Vorteil mit Blick auf die Erhebung von persönlichen Einstellungen und Perspektiven. Der Effekt der sozialen Erwünschtheit wird auf diese Weise reduziert. Da die Fragebögen jeweils während der Seminarzeit ausgefüllt worden sind, haben die Studierenden als grobe Zeitvorgabe 25 Minuten mit der Option auf Verlängerung vorgegeben bekommen.

Ein kurzer Text vorab informiert die Proband*innen darüber wer sie zu welchem *Zweck* und wovüber befragen möchte (Porst, 2014). Der Text liefert darüber hinaus Informationen zum Ausfüllen dahingehend, dass in ganzen Sätzen und möglichst ausführlich geantwortet werden soll, er rekurriert auf Aspekte der Freiwilligkeit und des Datenschutzes. Anhand von Fragen wurden die Studierenden angeleitet einen persönlichen und wiedererzeugbaren *Code* zu generieren. Dies ermöglicht es, die gleichen Studierenden über die Prä- und Post-Fragebögen sowie die weiteren Erhebungsinstrumente zu vergleichen. Sollte ein Code vergessen worden sein, ließe er sich anhand der Fragen zur Codegenerierung durch die Proband*innen selbst reproduzieren. Die individuellen Codes der Studierenden wurden im Rahmen der Datenaufarbeitung durch randomisierte Codes anonymisiert, sodass anhand der Codes keine Rückschlüsse auf die Identität der Proband*innen gezogen werden können. Zur Untersuchung möglicher Effekte wurden folgende personenbezogene Daten erhoben: Alter, Geschlecht, Studiengang, studiertes Lehramt, Zweitfach und Anzahl der Fachsemester.

Im Folgenden werden die Formulierungen der Items des Fragebogens vorgestellt und begründet. In Tabelle 11 sind die einzelnen Fragen und ihre Verwendung in den Teilstudien in einer Übersicht dargestellt. Durch die Fragebögen sollen die bei den Chemielehramtsstudierenden vorhandenen Kompetenzen zur Partizipation und zur Vermittlung (ab Teilstudie 2) an Diskursen um SSI unter

besonderer Berücksichtigung von Grenzwerten erhoben werden. In der ersten Teilstudie wurde die Frage zu den fachdidaktischen Aspekten zur Vermittlung zum SSI nur im Postfragebogen erhoben, in der zweiten Teilstudie wurde diese Frage im Anschluss an die zweite Seminarsitzung erhoben und in den Teilstudien 3 und 4 war diese Frage Bestandteil sowohl des Prä- als auch des Postfragebogens. Um eine mögliche Veränderung in den Sichtweisen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit Hilfe von SSI sichtbar zu machen, wurde es als notwendig angesehen, auch in Bezug auf fachdidaktische Aspekte die Ausgangslage vor Beginn des Seminars zu erheben. In der ersten Teilstudie ist davon ausgegangen worden, dass diese Frage in Bilanzierungsbogen zur Phase der Wissensaneignung ausreichend sei, doch nach Sichtung der Ergebnisse und der Rückmeldungen der Studierenden muss davon ausgegangen werden, dass die Chemielehramtsstudierenden durch die fachwissenschaftliche Auseinandersetzung mit SSI implizit und selbstständig fachdidaktische Überlegungen anstellen. Die erhobenen Daten aus Teilstudie 2 bis 4 sind daher vergleichbar, weil die ersten beiden Seminarsitzungen von Teilstudie 2 keine fachdidaktischen Schwerpunkte hatten.

Dabei teilen sich die Fragebögen grob in *vier inhaltliche differenzierbare Blöcke* auf: a) Fachwissen, b) Wissen zu Grenzwerten zum SSI, c) Herkunft und Verlässlichkeit der zur Beantwortung des Fragebogens verwendeten Quellen und d) Fachdidaktische Aspekte zum SSI. Es ist hervorzuheben, dass in diesem Fragebogen die fachlichen Grundlagen zur Orientierung in Diskursen um SSI erhoben wurden. Dazu wurden bezogen auf den Bereich a) Fachwissen drei Fragen gestellt: erstens wurde nach den charakteristischen Eigenschaften der Stoffe, die zum SSI der Teilstudie gehören, zweitens nach den Freisetzungsarten und -orten, drittens nach den Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Umwelt gefragt. Dieses Forschungsprojekt geht nach Reflexion der theoretischen Grundlagen von der Annahme aus, dass diejenigen, die eine naturwissenschaftliche Grundbildung erworben haben, Handlungsentscheidungen und -begründungen auf Grundlage von erworbenem fachlichem Wissen treffen. Daher werden durch die ersten drei Fragen die grundlegenden Wissensbestände zu diesen Stoffen erhoben.

Um das Wissen über Grenzwerte zum SSI zu erheben, ist es in diesem Forschungsprojekt notwendig, zuerst nach dem zu fragen, was Grenzwerte im Allgemeinen bedeuten und wie sie zustande kommen, um anschließend die von den Chemielehramtsstudierenden gesehenen Probleme und Herausforderungen in Bezug auf etwaige Grenzwerte des SSI zu fokussieren. Dabei intendiert die erste Frage die Erhebung der Sichtweisen der Chemielehramtsstudierenden einerseits zur Intention und Funktion von Grenzwerten im Sinne einer Definition andererseits deren Vorstellungen zur

Genese von Grenzwerten. Im Theorieteil (vgl. Kap. 2.1.10) wurden die Implikationen, die Grenzwerte als politische Instrumente, die in einem kontroversen Prozess unter Einbeziehung verschiedenen gesellschaftlicher Teilsysteme, wie Ökonomie und Wissenschaften, gesetzt werden, dargestellt.

Tabelle 11: Überblick über die gestellten Fragen in den Prä- und Post-Fragebögen der Teilstudien.

Inhaltliche Schwerpunkte	Ausformulierte Fragen		
	Teilstudie 1 und 3: Mikroplastik	Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Teilstudie 4: Nitrate
Fachwissen	Was verstehst Du unter Mikroplastik und welche charakteristischen Eigenschaften ordnest Du Mikroplastik zu?	Welche Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs kennst Du und welche charakteristischen Eigenschaften ordnest Du diesen zu?	Welche Nitrate kennst Du und welche charakteristischen Eigenschaften ordnest Du diesen zu?
	Wo und wie wird Mikroplastik produziert bzw. freigesetzt?	Wo und wie werden die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs produziert bzw. freigesetzt?	Wo und wie werden Nitrate genutzt bzw. freigesetzt?
	Sind Dir Auswirkungen und Folgen, die Mikroplastik verursachen kann, bekannt? Wenn ja, welche und für wen?	Sind Dir Auswirkungen und Folgen, die die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs verursachen können, bekannt? Wenn ja, welche und für wen?	Sind Dir Auswirkungen und Folgen, die Nitrate verursachen können, bekannt? Wenn ja, welche Auswirkungen und Folgen für wen?
Grenzwertwissen	Was bedeuten bzw. besagen Grenzwerte im Allgemeinen und wie kommen sie zustande?		
	Schildere Probleme und Herausforderungen, die Du bei der Setzung von Grenzwerten von Mikroplastik siehst und nimm dazu Stellung.	Schildere Probleme und Herausforderungen, die Du bei der Setzung von Grenzwerten der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs siehst und nimm dazu Stellung.	Schildere Probleme und Herausforderungen, die Du bei der Setzung von Grenzwerten von Nitraten siehst und nimm dazu Stellung.
Herkunft und Verlässlichkeit der zur Beantwortung des Fragebogens verwendeten Quellen	Welche Informationsquellen hast Du zur Beantwortung der Fragen benutzt und wie schätzt Du die Verlässlichkeit dieser Quellen?		
Fachdidaktische Aspekte zum SSI	Inwiefern würdest Du Mikroplastik, Kunststoffe im Allgemeinen und die damit einhergehenden Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht nun thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig? <i>Teilstudie 1: nur im Postfragebogen</i>	Inwiefern würdest Du die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs und die damit einhergehenden Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig?	Inwiefern würdest Du Nitrate und die damit einhergehenden gesellschaftlichen Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig?

Anhand der Grenzwerte lassen sich Implikationen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für gesamtgesellschaftliche Entscheidungen illustrieren. Auch kann mit Hilfe dieser Frage erhoben werden, welche Vorstellungen die Chemielehramtsstudierenden von den Prozessen zur Regulation von Risiken in demokratischen Gesellschaften haben. In der Frage zu den Grenzwerten zum jeweiligen SSI wird von den Chemielehramtsstudierenden erwartet, dass sie ihre fachwissenschaftlichen Kenntnisse zum SSI mit ihren Sichtweisen zu Grenzwerten verknüpfen sowie Probleme und Her-

ausforderungen, die mit Grenzwerten zum jeweiligen SSI einhergehen, schildern und sich positionieren. Diese Positionierung erfordert einen Abwägungsprozess und die Begründung der jeweiligen Sichtweise. Mit dieser Frage soll geprüft werden, inwiefern die Chemielehramtsstudierenden in der Lage sind, an aktuellen gesellschaftlich relevanten Diskursen exemplarisch zu partizipieren.

Die Chemielehramtsstudierenden werden im Anschreiben des Fragebogens und vorab vom Forschenden aufgefordert, bei der Beantwortung auch Quellen hinzuzuziehen und diese auch kenntlich zu machen. Gegenwärtig ist es für die Menschen immer einfacher durch mobile internetfähige Geräte ortsunabhängig Informationen zu recherchieren. Aufgrund der veränderten Kommunikationsstrukturen im Internet im Vergleich zu traditionellen Medien, wie Lehrbüchern oder Fachzeitschriften, ist die Wahrscheinlichkeit auf nicht verlässlichen Informationen zu stoßen erhöht worden (Höttecke & Allchin, 2020; Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Soentgen & Bilandzic, 2014). Da dieses Seminar besonders in der Phase der Wissensaneignung zur reflektierten Nutzung von Informationsquellen und zur bewussten Analyse der Verlässlichkeit beitragen will, werden die Chemielehramtsstudierenden nach Beantwortung der Fragen zum fachwissenschaftlichen Wissen und zum Grenzwertwissen danach gefragt, welche Informationsquellen zur Beantwortung der Fragen genutzt worden sind und, wie sie die Verlässlichkeit im Sinne von Glaubwürdigkeit dieser Quellen einschätzen. Summa summarum wird sich erhofft, dass die Aussagen der Chemielehramtsstudierenden von der Prä-Erhebung in der ersten Seminarsitzung hin zur Post-Erhebung in der letzten Seminarsitzung differenzierter, elaborierter und fundierter sind. Die Antworten auf die Fragen dieser drei Blöcke liefern Beiträge zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage zur Partizipation an SSI, der vierte Block zu den fachdidaktischen Aspekten zum SSI bezieht sich auf die zweite Forschungsfrage zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit Hilfe von SSI. Diese Frage findet sich in dieser Form im Fragebogen und in den Reflexionsaufgaben derart, als dass konkret danach gefragt wird, inwiefern die Chemielehramtsstudierenden den entsprechenden SSI mit seinen Herausforderungen in ihrem späteren Chemieunterricht thematisieren würden und was ihnen dabei besonders wichtig wäre.

Die Leitfrage des Forschungsprojekts (vgl. Kap. 3.3) stellt die Frage danach, wie Chemielehramtsstudierende durch ein spezielles Lehrangebot gefördert werden können, eine naturwissenschaftliche Grundbildung anhand von SSI zu vermitteln. Um sich der Beantwortung dieser Leitfrage zu nähern, sind die beiden Forschungsfragen (vgl. Kap. 3.3) abgeleitet worden, die jeweils aufeinander aufbauen. Forschungsfrage 1 zielt auf die Befähigung von Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um ausgewählte SSI, unter Berücksichtigung von Grenzwerten, ab, was die Voraussetzung für alle Chemielehramtsstudierenden des jeweiligen Seminars schaffen soll, die

fachlichen Grundlagen im Umgang SSI zu haben, um diese fachdidaktisch für den Chemieunterricht in Form von konkret geplanten Lernarrangements zu transformieren. Dieser Argumentation zur Folge wird ein Schwerpunkt darauf gelegt, dass die Chemielehramtsstudierenden über die fachlichen Voraussetzungen verfügen, SSI im Chemieunterricht von ihrer Sachstruktur her in der didaktischen Analyse adäquat und begründet thematisieren zu können (vgl. Klafki, 1975a; Klafki, 1996d). Die von den Chemielehramtsstudierenden geplanten Lernarrangement stellen damit eine konkrete Anforderungssituation für die in der Phase Wissensaneignung erworbenen Kompetenzen zu SSI und zum Grad der Befähigung zur Partizipation an gesellschaftlich relevanten und kontroversen Entscheidungsprozessen dar. Anhand der Antworten auf diese Frage zur Vermittlung im Fragebogen lassen sich generelle Zustimmungen, Ablehnungen oder Zustimmungen mit Einschränkungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung unter exemplarischem Bezug auf SSI im Seminarverlauf erheben, wodurch Veränderungsprozesse bei den Chemielehramtsstudierenden von ihnen selbst dokumentiert werden. Darüber hinaus ermöglichen die Antworten auf diese Frage Einsichten in die Vorstellungen der Chemielehramtsstudierenden über fachdidaktische Implikationen, die SSI für die Verwirklichung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung aus ihrer Sicht haben. Damit werden die Sichtweisen der Studierenden wertgeschätzt und in Bezug auf ihre Ähnlichkeit und Häufigkeit vergleichbar.

Alle Fragen aus den eingesetzten Fragebögen wurden vorab pilotiert. Da sich die SSI unterscheiden, wurden die konkreten Formulierungen jeweils pilotiert, sodass Pilotierungen der Fragebögen für die Teilstudien 1, 2 und 4 durchgeführt worden sind. Dabei wurden die Fragebögen mit Forschenden aus dem Bereich Chemiedidaktik zuerst erprobt und anschließend mit Studierenden des Lehramts Chemie. Dabei wurde geprüft, ob die jeweiligen Formulierungen die beabsichtigten Ergebnisse liefern, weshalb dies die Qualität der Fragebögen unterstreicht (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, S. 402). Diese Studierenden haben an den Erhebungen der Teilstudien nicht teilgenommen. Die Antworten in den Pilotierungen unterstützten die Formulierungen, nur in Teilstudie 4 zum SSI Nitrate wurde in der Frage zu fachdidaktischen Aspekten die „einhergehenden Herausforderungen“ mit dem Begriff „gesellschaftlichen“ spezifiziert. In den Pilotierungen sind die Studierenden nicht durchweg auf gesellschaftliche Herausforderungen, sondern auf fachwissenschaftliche Fragen eingegangen.

4.3.2 Reflexionsaufgaben

Im Rahmen der Datenerhebung wurden Reflexionsaufgaben am Ende jeder Seminarphase eingesetzt. Die zeitliche Verortung dieses Datenerhebungsinstruments ist in Abbildung 12 visualisiert.

Die Chemielehramtsstudierenden erhielten dazu eine Auflistung folgender Impulsfragen, wie in Abbildung 13 gezeigt:

3. Bilanzierung der Wissensaneignung

- a) Verfasse schriftlich eine reflektierende Bilanzierung der Phase der Wissensaneignung im Hinblick auf Deine Weiterentwicklung. Du kannst zur Anregung in die Liste mit den Impulsen zur Bilanzierung schauen.
 - In welchen Bereichen habt Ihr (Fach-) Wissen dazu gewonnen?
 - In welchen Bereichen ist Euer (Fach-) Wissen verglichen mit dem Beginn des Seminars unverändert?
 - In welchen Bereichen seht Ihr noch Unklarheiten bzw. Leerstellen?
 - Welche neuen Einsichten konntet Ihr bisher gewinnen?
 - Welchen Herausforderungen seid Ihr im Prozess begegnet?
 - Was hat Euch überrascht?
 - Gibt es in Eurem privatem Leben Situationen, in denen ihr das Wissen anwenden konntet?
 - Inwiefern würdet ihr Mikroplastik, Kunststoffe im Allgemeinen und die damit einhergehenden Herausforderungen in Eurem späteren Chemieunterricht thematisieren? Was wäre Euch bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig?
- b) Mündlicher Austausch mit randomisiert ausgewähltem*r Studierende*m
- c) Abgabe der Portfolioaufgabe per ILIAS

Projektseminar | Universität zu Köln | Institut für Chemiedidaktik | Tom Konrad Anton |

Abbildung 13: Auflistung der Impulsfragen der Reflexionsaufgaben aus Teilstudie 1 zum SSI Mikroplastik, Seminarphase der Wissensaneignung.

Die Impulsfragen wurden zunächst in der Seminarzeit besprochen, anschließend hatten die Studierenden die Möglichkeit, mit der Bearbeitung zu beginnen und in einen Austausch mit den Kommiliton*innen zu treten. Dieser Austausch diente dazu, weitere Anregungen zu erhalten und den eigenen Lernfortschritt perspektivieren zu können. Die Impulsfragen sind dabei als Anregung zu Verstehen und blieben daher in allen Teilstudien identisch. Die bearbeiteten Impulsfragen waren im Zeitrahmen von einer Woche nach der entsprechenden Seminarsitzung auf der Onlinelearnplattform Ilias hochzuladen. Die Abgabe der Reflexionsaufgaben war weder Teil der Modulabschlussprüfung noch wurden sie in anderer Form bewertet. Da es sich bei den Reflexionsaufgaben um Dokumente handelt, unterscheidet sich diese Art der Erhebung von den klassischen Erhebungsformen – auf die Implikationen der Arbeit mit Dokumenten wird in Kapitel 4.3.4 vertieft eingegangen. Die eingesetzten Reflexionsaufgaben sind nicht nur zur Datenerhebung wertvoll, sondern haben auch für die Lehrenden und Lernenden individuelle Vorteile (Wade & Yarbrough, 1996). Die Reflexionsaufgaben dienten damit aus Sicht der Chemielehramtsstudierenden zur schriftlich fixierten Reflexion der eigenen Weiterentwicklung über den Verlauf der jeweiligen Seminarphasen.

Eine solche unterstützt sowohl die Sichtbarmachung von Unklarheiten als auch des eigenen Lernfortschritts für die Studierenden. Der Dozierende kann mit den Reflexionsaufgaben Rückschlüsse auf die Vermittlungsprozesse des Seminars ziehen, nachsteuern und Unklarheiten bei den Studierenden durch explizite Wiederholung oder Vertiefungen beheben. Da die Reflexionsaufgaben im Anschluss an jede Seminarphase bearbeitet wurden, können für das Forschungsprojekt Rückschlüsse auf Lernprozesse gezogen werden, es können zum einen die Phasen über eine*n Proband*in zum anderen die Proband*innen über eine Phase verglichen werden. Diese Art der Datenerhebung ermöglicht durch die Offenheit des Instruments eine besonders authentische und breite Erhebung der Sichtweisen der Studierenden (Shaklee, Barbour, Ambrose & Hansford, 1997).

Die Reflexionsaufgaben können auch als Lerntagebücher bzw. als Portfolios aufgefasst werden und stellen Anlässe zum reflektierenden Schreiben dar. Sie sollen dabei helfen, dass die Lernenden Gegenstände fachlich reflektieren und ihren eigenen Lernfortschritt einschätzen (Klenowski, 2002). Gerade in der Lehrer*innenbildung können diese Anforderungen sinnvoll eingesetzt werden, um eigene Kompetenzentwicklungsprozesse kenntlich zu machen und zu reflektieren (Häcker & Winter, 2011; Richter, 2011). Die in Abbildung 13 gezeigten Impulsfragen orientieren sich an Vorschlägen, die Richter (2011) gemacht hat und sind vor dem Hintergrund der Forschungsfragen angepasst worden. Ein Fokus, der in Abbildung 13 gezeigten Impulsfragen, liegt auf der Reflexion der eigenen Partizipation an SSI. Im Rahmen der NoS-Forschung sind reflektierende Portfolios eingesetzt worden und es zeigte sich, dass sie zu einem Verständnisfortschritt beitragen (Abd-El-Khalick & Akerson, 2009; Schumacher, 2015; Bliersbach, 2017; Marniok, 2018; Müller, 2021). Eine Schwierigkeit beim Einsatz von Portfolios ist, dass nicht rückgeschlossen werden kann, dass die Studierenden die Aufgaben auch direkt im Anschluss an die Seminarphase bearbeitet haben. Dieses Problem wurde dadurch umgangen, dass kein zusammenhängendes Portfolio von den Studierenden anzufertigen war, sondern die Reflexionsaufgaben in einer Zeitspanne von einer Woche, also bis zur nächsten Seminarsitzung, anzufertigen waren. Dass die Impulsfragen für die Reflexionsaufgaben nur als Anregung gedacht waren, macht einen Vergleich schwieriger, wenn von ihnen abgewichen worden ist. Dies wurde dennoch vorgenommen, da das Instrument zur Steigerung der Authentizität und damit zur Reduzierung der sozialen Erwünschtheit möglichst offengehalten werden sollte. Zudem lag der Fokus der Impulsfragen hauptsächlich auf den Studierendenperspektiven selbst und der Reflexion und Sicherung ihres Lernfortschritts.

Im Forschungsprojekt dienen die Reflexionsaufgaben nicht als zentrales Erhebungsinstrument, sondern liefern durch die Selbsteinschätzungen und Reflexionen zur persönlichen Weiterentwick-

lung Einblicke in die Kompetenzentwicklungen der Chemielehramtsstudierenden. Dieses Datenerhebungsinstrument hat, neben seinem Forschungszweck, vor allem den Zweck, dass die Chemielehramtsstudierenden angeleitet ihre eigene Weiterentwicklung durch die Intervention begründet reflektieren. In Bezug auf Forschungsfrage 1 sind die Reflexionsaufgaben zur Seminarphase Wissensaneignung nur aus Teilstudie 1 im Kontext der Datenauswertung analysiert worden. Es hat sich im Forschungsverlauf herausgestellt, dass dieses Instrument aufgrund seiner Offenheit, der Selbsteinschätzungen und der individuellen Reflexionen nicht zielführend zur Untersuchung des Wissens zur Partizipation an Diskursen um SSI eingesetzt werden kann. Im Vergleich dazu sind alle Reflexionsaufgaben in Bezug auf die Beantwortung von Forschungsfrage 2 relevant, da die Chemielehramtsstudierenden fortlaufend ihre Einsichten auf die Vermittlungsperspektive beziehen und durch dieses Instrument Zugang zu diesen Perspektiven möglich ist.

4.3.3 Problemzentrierte Interviews

Um weitere, differenziertere Aussagen über die Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden im Umgang mit SSI tätigen zu können, wurden mit randomisiert ausgewählten Proband*innen, die sich vorab bereit erklärt hatten, Interviews geführt und dabei wurde darauf geachtet, dass alle Schulformen vertreten waren. Die zeitliche Verortung dieses Datenerhebungsinstruments ist in Abbildung 13 visualisiert. Die weiterführenden Angaben über die interviewten Chemielehramtsstudierenden erfolgen in den entsprechenden Ergebnisdarstellungen. Da es sich bei den behandelten Inhalten um gesellschaftliche Herausforderungen handelt, die einer Positionierung im Diskurs bedürfen, wurde ein problemzentrierter Ansatz (Witzel, 1982; Witzel, 1985; Kurz, Stockhammer, Fuchs & Meinhard, 2009; Witzel & Reiter, 2012) gewählt. Auf diese Weise ist es möglich, zum einen noch einmal das vorhandene Wissen zu erheben, zum anderen die Perspektiven der Befragten zu den SSI und darüber hinaus Einstellungen zur Vermittlung im Chemieunterricht. Problemzentrierte Interviews sind leitfadengestützte Interviews, deren Leitfaden Fragen stellt und Erzählreize anbietet, die biographisch geprägt sein können, und charakteristisch ist dabei „die Orientierung des Forschers an einer relevanten gesellschaftlichen Problemstellung“ (Witzel, 1985, S. 230). Witzel (1982) erläutert die Intention problemzentrierter Interviews wie folgt:

Das problemzentrierte Interview soll individuelle und kollektive Handlungsstrukturen und Verarbeitungsmuster gesellschaftlicher Realität erfassbar (sic!) machen; also nicht psychologisierend, klinisch oder diagnostisch vorgehen, sondern an gesellschaftlich-strukturierten Problemen ansetzen. Dieses Vorgehen gibt dem Befragten Gelegenheit zur Selbst- und Verhältnisreflexion, nämlich durch thematisch interessiertes Fragen des

Interviewers – und diesem die Möglichkeit, schrittweise ein adäquates Verständnis über die Problemsicht des Befragten zu entwickeln (Witzel, 1982, S. 8).

Diese Interviewform ist damit orientiert an gesellschaftlichen Problemen und legt den Fokus auf die Sichtweisen der Befragten, die sich durch die verschiedenen Gesprächsanreize immer differenzierter äußern, wodurch einzelne Aussagen im Gesamtzusammenhang gesehen eine tiefergehende Analyse ermöglichen. Es geht hier nicht um Persönlichkeitsmerkmale oder andere individuellen Prägungen, „sondern um individuelle und kollektive Handlungsstrukturen und Verarbeitungsmuster gesellschaftlicher Realität“ (Witzel, 1982, S. 67). Witzel (1985) hat diese Interviewmethode als Gegenstück zu standardisierten Verfahren der empirischen Sozialforschung dieser Zeit entlang der Einsicht entwickelt, dass

der komplexe und prozessuale Kontextcharakter der sozialwissenschaftlichen Forschungsgegenstände kaum durch normierte Datenermittlung zu erfassen ist, vielmehr situationsadäquate, flexible und die Konkretisierung fördernde Methoden notwendig sind (Witzel, 1985, S. 227).

In Kapitel 2 wurde ausführlich erörtert, dass SSI als relevante gesellschaftliche Problemstellungen angesehen werden und da es in dieser Forschung um die Perspektiven der Chemielehramtsstudierenden bezüglich der Partizipation an und Vermittlung von SSI geht, bietet sich diese Interviewform besonders an. Dabei orientiert sich Witzel (1985) am Prinzip der Offenheit, wonach auf eine vorhergehende Hypothesenbildung entfällt zugunsten eines offenen Konzepts, welches sich an der entsprechenden Fragestellung der Untersuchung orientiert und sich auf die einzelnen Subjekte einstellt, um den Sinn, „den diesen Individuen ihren Handlungs- und Deutungsmustern unterlegen“ (Witzel, 1985, S. 228) aufzuschlüsseln.

Diese Interviewform ist durch drei zentrale Kriterien gekennzeichnet: Problemzentrierung, Gegenstandsorientierung und Prozessorientierung (Witzel, 1982). Problemzentrierung meint hier den Ausgangspunkt des Interviews in einer gesellschaftlichen Fragestellung, die dann mit den Perspektiven der Befragten aus ihrer jeweiligen Sicht ausgeleuchtet werden. Dabei ist es gewünscht, dass die Sicht des Forschenden auch eine ganz andere sein kann, als die des Befragten, denn das Interview ist so zu gestalten, dass „sie [die Befragten, Anm. d. Verf.] ihre Problemsicht auch gegen die Forscherinterpretation und in den Fragen implizit enthaltenen Unterstellungen zur Geltung bringen können“ (Witzel, 1985, S. 233). Dies hat zur Folge, dass die Befragten unter Umständen das erste Mal in ihrem Leben konkret und explizit Stellung gegenüber anderen Sichtweisen, die sie aus

ihrem Umfeld gewöhnt sind, beziehen müssen. Gegenstandsorientierung meint dabei, dass die Erhebungsmethode den Gegenstand entschlüsseln können muss. Prozessorientierung meint, dass die Proband*innen im Prozess die Möglichkeit zu erhalten hat,

Sachverhalte zu explizieren und durch Stimulation des Gedächtnisses und Gewinnen von Vertrauen auch in anderen thematischen Zusammenhängen zu korrigieren. Der Interviewer kann auf der anderen Seite das Gespräch im Sinne eines Lernprozesses nutzen und von diesem Selbstverständnis ausgehend entsprechende Nachfragen an verschiedenen Zeitpunkten der Exploration ansetzen, wobei auftretende Varianten der Explikationen überprüft werden können (Witzel, 1985, S. 235).

In der Umsetzung ist dieses Kriterium der Prozessorientierung auf Seiten des Forschenden und des Befragten von Wichtigkeit, denn es ist maßgeblich für den gesamten Interviewprozess. Aufgrund ihres kommunikativen Charakters bieten Interviews die Möglichkeit Rückfragen zu stellen, einerseits um Verständnisschwierigkeiten abzubauen andererseits, um Undeutlichkeiten in den Aussagen zu reduzieren. Mit den geführten Follow-Up-Interviews lässt sich erheben, ob die Ergebnisse auch mit zunehmender temporärer Distanz zum Seminar in ihrer grundsätzlichen Form bestehen bleiben. Daher wurden aus dem Sample der geführten Interviews randomisiert Studierende ausgewählt und um ein Follow-Up-Interview gebeten, weiterführend werden die Follow-Up-Interview Proband*innen und Ergebnisse in Kapitel 5 vorgestellt und diskutiert. Alle Interviews wurden über Zoom geführt und der Ton wurde aufgezeichnet. Die Interviews wurden regelgeleitet transkribiert, näheres dazu in Kapitel 4.4 zur Datenaufbereitung.

Problemzentrierte Interviews fokussieren die Konzeptgenerierung durch die Befragten, wie auch in narrativen Interviews, doch steht ein wissenschaftliches Konzept im Hintergrund und wird mit der gesellschaftlichen Realität konfrontiert (Lamnek & Krell, 2016). Im Vergleich zum narrativen Interview geht der Forschende im problemzentrierten Interview vorbereitet durch „Literaturstudium, eigene Erkundungen im Untersuchungsfeld, durch Ermittlung des Fachwissens von Experten usw.“ (Lamnek & Krell, 2016, S. 345) in die Datenerhebung und ist keine „Tabula rasa“ (Lamnek & Krell, 2016, S. 345). Um die Interviews möglichst vergleichbar zu halten, wurden Interviewleitfragen entwickelt. Alle Interviews begannen mit einer Begrüßung des Befragten und einer Abfrage zum Einverständnis über die Aufnahme des Interviews. Das Erzählprinzip ist hier völlig offen, es wird nur durch das gesellschaftlich relevante Problem eingegrenzt und durch die Erzählimpulse angeregt. Merton und Kendall (1956) illustrieren es so, als dass dem Befragten „a blank page to be filled in by the interviewee“ (Merton & Kendall, 1956, S. 15) gereicht wird.

Problemzentrierte Interviews nutzen primär vier verschiedene Kommunikationsstrategien: Gesprächseinstieg, allgemeine Sondierungen, spezifische Sondierungen und ad-hoc-Fragen. Im Gesprächseinstieg wird das Thema des Interviews skizziert und die Struktur des Interviews vorgestellt. Hierbei soll deutlich werden, dass dieses Interview nicht Fragen-, sondern Erzählungsgetrieben sein soll (Witzel, 1985). In der Phase der allgemeinen Sondierung gibt der Interviewer der befragten Person einen Erzählimpuls, der einen Zugzwang auslöst, aber gleichzeitig zur Erzählung anregen soll. Als dritte Phase des Interviews wird die spezifische Sondierung gesehen, in der der Interviewer versucht die Sichtweisen des Befragten nachzuvollziehen. Dazu nennt Witzel (1985) konkret drei Möglichkeiten zur aktiven Verständniserzeugung. Als „sanfteste“ (Witzel, 1985, S. 248) Möglichkeit kann hier das Zurückspiegeln angesehen werden, hier gibt der Forschende dem Befragten in seinen eigenen Worten eine Interpretation über das vorher Gesagte, was als Strukturierungshilfe für beide Seiten angesehen werden kann, da hier dem Befragten Korrekturmöglichkeiten gegeben werden und der Forschende explizit seine Verständnisse strukturieren kann. Als weitere Formen zur spezifischen Sondierung können Verständnisfragen und Konfrontationen eingesetzt werden. Durch die Verständnisfragen können Widersprüchlichkeiten oder ausweichende Antworten transparent und präzisiert werden. Während die Verständnisfragen dem Befragten ohne große Konfrontation die Möglichkeit geben, Unklarheiten in der Argumentation zu korrigieren, ist die dritte Möglichkeit zur Verständniserzeugung in Form der Konfrontation expliziter und mit der Gefahr verbunden, das Interviewklima und das Vertrauen zu belasten. Denn beim Auftreten von besonders kontroversen und widersprüchlichen Aussagen können diese durch Aussagen, die dies zugespitzt explizieren und problematisieren, in ihrer Struktur aufgedeckt werden und Zugang zum Blick auf gesellschaftliche Realität liefern, die dem Interviewer fremd ist. Da es durch die methodische Struktur des problemzentrierten Interviews passieren kann, dass bestimmte Aspekte des Leitfadens nur undeutlich und wenig aussagekräftig erläutert werden, können zum Ende des Interviews ad-hoc-Fragen gestellt werden, diese gehen auf Aspekte ein, die nicht genannt worden sind und sind eng zu stellen.

Die Datenerhebung mittels problemzentrierten Interviews (Witzel, 1982; Witzel, 1985; Lamnek & Krell, 2016; Flick, 2014) erfolgt mit Hilfe von vier Techniken: Kurzfragebogen, Leitfaden, Aufzeichnung, Postskript. Im Kurzfragebogen werden allgemeine Daten zur Person erhoben. Innerhalb dieser Studie wird mit Blick auf die triangulierte Datenerhebung, die besonders Fragebögen nutzt, auf den Einsatz eines Kurzfragebogens verzichtet, da die Daten schon vorliegen. Um ein Interview im Verlauf analysieren zu können, ist es notwendig es aufzuzeichnen und später in Schriftsprache zu transkribieren. Dabei kann „der gesamte Gesprächskontext und damit auch die Rolle, die der Interviewer im Gespräch spielt, erfaßt (sic!)“ (Witzel, 1985, S. 238) werden und der

Interviewer kann sich vollends auf das Interview konzentrieren und ist nicht mit Verschriftlichungen beschäftigt. Das sogenannte Postskript ist als Beschreibung der Kommunikation aufzufassen, denn

im Anschluß (sic!) an jedes Interview und auch an jede Gruppendiskussion kann in bestimmten Fällen dem Interpreten wichtige Daten liefern, die dazu beitragen können, einzelne Gesprächspassagen besser zu verstehen und das Gesamtbild der Problematik inhaltlich abzurunden (Witzel, 1985, S. 238).

Das für dieses Forschungsprojekt erstellte Postskriptum gibt Aufschluss über die Rahmenbedingungen des Interviews (Datum, Ort, Dauer), über die Interviewsituation, besondere Vorkommnisse vor, während und nach Einschalten des Aufnahmegeräts, das Verhalten des Interviewers, Informationen zum Interviewpartner sowie sonstige Auffälligkeiten – es orientiert sich an dem Beispiel von Lamnek und Krell (2016). Da im Postskriptum datenschutzrechtlich relevante Informationen zu finden sind, gilt es diese Postskripte entsprechend der Vorgaben des Datenschutzes zu bearbeiten. Die Postskripte können im Rahmen der Analyse der Daten bei Unklarheiten in der Interpretation hilfreich sein.

Zentrales Hilfsmittel für den Forschenden ist der Interviewleitfaden, der auf Grundlage von theoretischen Überlegungen entwickelt worden ist und die Interviews vergleichbar machen soll (Lamnek & Krell, 2016). Der Leitfaden ist im problemzentrierten Interview ein Orientierungsrahmen und eine Gedächtnisstütze für den Interviewer in den Sondierungsphasen, denn zum

einen „hakt“ hier der Interviewer sozusagen im Gedächtnis die im Laufe des Interviews beantworteten Forschungsfragen ab, kontrolliert also durch die innere Vergegenwärtigung des Leitfadens die Breite und Tiefe seines Vorgehens. Zum anderen kann er sich aus den thematischen Feldern, etwa bei stockendem Gespräch bzw. bei unergiebigem Thema, inhaltliche Anregungen holen, die dann ad-hoc entsprechend der Situation formuliert werden (Witzel, 1985, S. 236).

Der Leitfaden hilft dem Forschenden dabei, die Erzählungen des Probanden zum SSI in Grenzen zu halten und zu fokussieren. Die für dieses Forschungsprojekt formulierten und eingesetzten Leitfäden ähneln sich, jedoch wurden sie aufgrund der verschiedenen SSI jeweils angepasst. Im Folgenden werden die Leitfäden vorgestellt – Tabelle 12 zeigt den Interviewleitfaden für die Teilstudien 1 und 3 zum SSI Mikroplastik. Jedes Interview hat mit dem Gesprächseinstieg begonnen, hier wurde das Thema des Interviews skizziert, dem Befragten für die Teilnahme gedankt und erläutert, was den Befragten im Interview erwartet. Dabei wurde auf die ungefähre Dauer hingewiesen und

verdeutlicht, dass der Fokus auf den Sichtweisen der Befragten zum SSI und seinen Implikationen liegt und dass diese über ausführliche Erzählungen erschlossen werden sollen. Es wurde klargestellt, dass dieses Interview keinen Einfluss auf etwaige Bewertungen hat, da es sich nicht um eine Leistungssituation im Rahmen einer universitären Lehrveranstaltung handele, sondern um einen Forschungszweck. Dabei wurde verdeutlicht, dass es keine falschen Antworten gibt und die Befragten ungehemmt ihre Perspektiven darlegen sollen, die von dem Forschenden bei Unverständlichkeiten hin nachgefragt werden können. Darüber hinaus wurden auf die Vertraulichkeit des Gesprächs sowie die Aspekte des Datenschutzes hingewiesen. Ebenso wurde „auf Band“ das Einverständnis erneut eingeholt. Bevor das Interview dann mit dem ersten Erzählimpuls im Kontext der allgemeinen Sondierung starten konnte, wurde dem Befragten Raum für Fragen gegeben. Der Leitfaden selbst gliedert sich in fünf Leitfragen mit jeweils zugehörigen möglichen Aspekten sowie einer Spalte mit Aufrechterhaltungsfragen. Da der Fokus im problemzentrierten Interview auf den Erzählungen der Befragten liegt, ist es notwendig, Aufrechterhaltungsfragen einzusetzen, wenn das Gespräch ins Stocken gerät. Da es für den Forschenden mitunter herausfordernd sein kann, sich im Gespräch passende Aufrechterhaltungsfragen zu suchen, sind exemplarische Formulierungen in der rechten Spalte des Leitfadens abgedruckt. Unter den jeweiligen Leitfragen sind in kursiver Schrift immer noch Formulierungen abgedruckt, die genutzt werden können, falls die Leitfrage nicht direkt verstanden wird.

Die erste Leitfrage in den Interviews zur allgemeinen Sondierung fokussierte sich darauf, weshalb der entsprechende SSI eine gesellschaftliche Herausforderung darstelle. Als Konkretisierung konnte dann bei Nachfragen oder nonverbalen Unklarheitselementen entgegnet werden, dass es um die Bedeutung des SSI für Umwelt, Menschen und Tiere gehe. Mit dieser Leitfrage wird beabsichtigt, dass der Befragte das Themengebiet umreißt und seine Perspektiven verdeutlicht. Als mögliche Aspekte, die vom Forschenden vorab als möglich erachtet worden sind, sind Aussagen zu charakteristischen Eigenschaften, der Bildung und Freisetzung sowie der Folgen für Menschen, Tiere und Natur. Diese Aspekte decken sich mit den Aspekten, die in den ersten drei Fragen des Fragebogens zur Erhebung des chemischen Fachwissens erhoben werden. Da alle SSI eine fachliche Grundlage haben, die größtenteils für die gesellschaftlichen Herausforderungen besonders in Form der Folgen relevant sind, bezieht sich dieser erste Erzählimpuls darauf, grundlegende Elemente zur Partizipation an Diskursen um die in Rede stehenden SSI aufzufrischen. Da in diesem Forschungsprojekt Grenzwerte als politische Instrumente zum Umgang mit Risiken thematisiert werden, geht es im nächsten Abschnitt des Interviews um allgemeine Aspekte zu Grenzwerten. Diese Leitfrage ist in allen Teilstudien gleich, da Grenzwerte als Konstrukte die Grundlage bieten, um SSI bezogen über (etwaige) Grenzwerte zu diskutieren. Sie ist vergleichbar mit der vierten Frage

des Fragebogens zu den Grenzwerten. Als mögliche Aspekte, die aus Sicht des Forschenden hier relevant sind, werden Intention und Funktionen von Grenzwerten sowie der Prozess zu ihrer Setzung unter Berücksichtigung verschiedener Akteursperspektiven, Risikoabschätzungen und wissenschaftlichen Erkenntnismethoden angesehen. Diese Leitfrage kann Einblicke dahingehend geben, wie die befragten Personen Prozesse zum gesellschaftlichen Umgang mit gesellschaftlichen Herausforderungen einschätzen und welche Sichtweise sie zu den Beziehungen zwischen Wissenschaften und Gesellschaft haben (bspw. bezogen auch Aspekte der Technokratie).

Tabelle 12: Auszug aus dem Interviewleitfaden der problemzentrierten Interviews zum SSI Mikroplastik der Teilstudien 1 und 3.

Leitfrage	Mögliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfra- gen
Warum ist Deiner Meinung nach Mikroplastik eine gesellschaftliche Herausforderung? <i>Welche Bedeutung hat Mikroplastik für die Umwelt sowie für Menschen und Tiere?</i>	- Charakteristische Eigenschaften - Bildung - Freisetzung - Folgen	• Zum Beispiel? • Kannst Du das genauer beschreiben? • Kannst Du ein Beispiel nennen? • Fallen Dir dazu konkrete Situationen ein? • Was meinst Du damit genau? • Habe ich richtig verstanden, dass ...
Was sind Grenzwerte? <i>Was sind für Dich Grenzwerte?</i>	- Intention (Erhaltung und Sicherung Lebensgrundlagen) - Instrumente der Gesundheits- und Umweltpolitik (Vorsorgeprinzip) - Funktion: regulierend, informierend - Setzung interdisziplinär, kontrovers, Spannungsfeld zw. versch. Akteuren - Berücksichtigung von Risikoabschätzungen - Verschiedene Erkenntnismethoden	
Welche Schwierigkeiten treten bei den Grenzwerten von Mikroplastik auf? <i>Welche Probleme ergeben sich bei der Übertragung von Grenzwerten auf das Thema Mikroplastik?</i>	- Keine einheitliche Definition - Überprüfung - Experten-Laien-Paradigma - Medien - Quellenverlässlichkeit - Betroffenheit und Betroffene - Setzung im interdisziplinären Aushandlungsprozess - Interessen der Beteiligten - Kontroversität - Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse - Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen chemiespezifischer Methoden	
Welche Diskussionen sind Dir bzgl. Mikroplastik bekannt und wie ist Deine Meinung dazu? <i>Wie positionierst Du Dich in den Diskursen um Grenzwerte von Mikroplastik? Und warum?</i> <i>Wie stellst Du Dir eine Partizipation an Diskursen um Mikroplastik vor?</i>	- Fachliche Begründungen heranziehen - Kunststoffe → Umwelt und Gesundheit - Umgang mit Implikationen gesellschaftlicher Herausforderungen - Einschätzung von Kommunikationen - Seminarimpact - Lobbyismus - Medien und Werbung - Gesellschaftliche Bewegungen	

Um auf die zentrale gesellschaftliche Herausforderung im Interview zu sprechen zu kommen, werden die Befragten in der nächsten Leitfrage zum Zusammenhang des SSI und etwaigen Grenzwerten befragt. Konkret wurde der Fokus hier auf mögliche Schwierigkeiten im Sinne von Herausforderungen und Problemen bei Grenzwerten zum SSI gelegt. In Bezug auf Mikroplastik ist aus Sicht des Forschenden relevant, die fehlende einheitliche Definition von Mikroplastik in Bezug auf eine mögliche Messung zu thematisieren (Fürhacker, 2020). Bei Mikroplastik handelt es sich um den einzigen SSI in diesem Forschungsprojekt für den es keine einheitliche Definition gibt. In den anderen Teilstudien wurde dieser Aspekt unter dem Begriff der Messbarkeit berücksichtigt, denn bei einem definierten SSI ist es natürlich relevant, inwiefern sich Ausprägungen und Folgen messen lassen. Die nachfolgenden möglichen Aspekte dieser Leitfrage sind für alle Teilstudien als relevant eingeschätzt worden, da sie in Zusammenhang mit den in den theoretischen Grundlagen (vgl. Kap. 2.1 und 2.2) reflektierten Implikationen von SSI stehen. Dabei wurde in allen Teilstudien auf die Kommunikation von Grenzwerten des SSI unter Bezugnahme auf Experten-Laien-Verhältnisse, Einfluss der Medien, die Verlässlichkeit von Aussagen aus verschiedenen Informationsquellen und auf individuelle Betroffenheiten von möglichen Betroffenen eingegangen. Darüber hinaus ist ein vom Forschenden gesehener Themenkomplex über die Setzung von Grenzwerten unter Bezugnahme auf die interdisziplinären Aushandlungsprozesse mit den verschiedenen Interessen der Akteure und ihren mitunter gegenläufigen und kontroversen Sichtweisen zu einer Regulation unter Beachtung von Auswirkungen der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und der Reflexion von Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen chemiespezifischer Methoden berücksichtigt worden. Diese Leitfrage zielte auf problematische Ausprägungen, die diese Gegenstände haben, und die Entscheidungsprozesse erschweren, ab.

Anschließend folgte die allgemeinere Leitfrage danach, welche Diskussionen zum SSI den Befragten bekannt sind und wie sie sich diesbezüglich positionieren. Dabei war das Ziel nicht, eine besondere Sichtweise zu erheben, sondern das Ziel waren die Begründungen, die für eine bestimmte Sichtweise angeführt worden sind. Diese Frage zielte damit auch darauf, wie sich die Befragten im Hinblick auf relevante Diskussionen um den SSI eine Partizipation vorstellen. Mögliche Aspekte, die im Interview hier relevant werden, wurden unter Rückgriff auf die theoretischen Grundlagen abgeleitet und im Interviewleitfaden als Hilfestellung für den Forschenden niedergeschrieben. Diese beziehen sich bei allen Teilstudien darauf, dass fachliche Begründungen in Bezug auf die jeweilige Positionierung genannt werden sollen. Dabei ist allen SSI des Forschungsprojekts gleich, dass es um den Umgang mit den Implikationen gesellschaftlicher Herausforderungen geht, die beeinflusst werden durch Wissenschaftskommunikationen unterschiedlicher Glaubwürdigkeit,

Lobbyismus, Medien, Werbung, gesellschaftlichen Bewegungen und durch das Seminar selbst. Damit wurde innerhalb dieser Frage den Befragten die Möglichkeit eröffnet, sowohl auf einer Theorieebene im Sinne der fachwissenschaftlichen Analyse zu bleiben als auch auf einer Praxisebene im Sinne eines Orientierens in der Lebenswelt Begründungen anzuführen. Diese sehr allgemeine Leitfrage gibt den Befragten die Möglichkeit, ihre individuellen Präferenzen vorzustellen und zu begründen. Viele der Studierenden haben auf unterschiedliche Aspekte Wert gelegt, was sich auch in den Interviews widerspiegelt. Auch eignen sich alle Leitfragen, um zwischendurch Unklarheiten nachzufragen oder auf Aspekte, die in anderen Erhebungen unklar geblieben sind, hinzuweisen. Da die SSI fachwissenschaftlich unterschiedlich einzuschätzen sind, wurden bei dieser Leitfrage noch SSI bezogene Aspekte bei den möglichen Aspekten jeweils formuliert. In Bezug auf Mikroplastik wurden hier besonders die Folgen von Kunststoffen auf die Gesundheit von Menschen und Tiere sowie auf die Funktionsfähigkeit der Umwelt gelegt, bei den Schadstoffen in der Luft aus Teilstudie 2 wurde erwartet, dass zwischen den verschiedenen Stoffen differenziert wird und bspw. Kohlenstoffdioxidemission mit seinen Folgen für den Klimawandel, Stickoxide mit ihren Folgen der Luftverschmutzung besonders für die menschliche Gesundheit und Ozon mit seinen Folgen für Umwelt und Gesundheit thematisiert werden, bei den Nitraten aus Teilstudie 4 wurde erwartet, dass Aspekte der Überdüngung des Bodens in Bezug auf Umweltfragen als auch auf Gesundheitsfragen insbesondere bei Kleinkindern eingegangen wird.

Die bisherigen Leitfragen sollen zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage beitragen. Die letzte Leitfrage des Leitfadens soll zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung unter Verwendung von SSI weitere Daten liefern. Diese Frage ähnelt der letzten Frage zur Vermittlung in den Fragebögen sowie der Vermittlungsfrage der Reflexionsaufgaben. Dabei soll zum einen erläutert werden, was den Chemielehramtsstudierenden bei der Vermittlung von SSI wichtig ist, zum anderen zielt diese Leitfrage darauf ab, dass wichtige Aspekte des SSI genannt und erörtert werden. Die konkreten Fragestellungen unterscheiden sich nur durch die verschiedenen SSI. Um Denkanreize bezüglich der wichtigen Aspekte zur Vermittlung zu geben, wurde im Leitfaden die Frage danach, was die Befragten ihren Kommilitonen empfehlen würden, gestellt. In allen Leitfäden sind mögliche Aspekte, die bei der Beantwortung genannt werden können Aussagen dazu, warum, wie und wem eine naturwissenschaftliche Grundbildung mit SSI vermittelt werden soll. Diese Leitfrage ermöglicht Einblicke in die Volitionen der Chemielehramtsstudierenden zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit Hilfe von SSI. Dabei kann darauf eingegangen werden, inwiefern sie Mehrwerte durch die Thematisierung von Verhältnissen von Naturwissenschaften und Gesellschaft für Bildungsprozesse sehen. Ebenso kann im Zuge der Leitfrage thematisiert werden, inwiefern mit Hilfe der Curricula

eine Einbeziehung von SSI begründet werden kann. Hier können auch über ad-hoc-Fragen Unklarheiten aus den anderen Datenerhebungen geklärt werden. Das Interview endete immer mit der Frage danach, ob die Befragten dem Gesagten etwas hinzufügen oder ergänzen möchten.

Der Interviewleitfaden ist im Kontext der zweiten Vorstudie erprobt worden (vgl. Kap. 3.2). Hierbei wurde in der ersten Leitfrage noch von Problemen bei Schadstoffen in der Luft gesprochen. In den Teilstudien wurde stattdessen der Begriff der Meinung zu den SSI verwendet, um es für die Befragten möglichst offen zu gestalten. Ebenso wurde die dritte Leitfrage sprachlich derart umformuliert, als dass nicht mehr von Komplexität bei Grenzwerten gesprochen wird, sondern von auftretenden Schwierigkeiten. Dieser Begriff ist deutlich fassbarer und macht deutlich, dass hier Probleme thematisiert werden sollen. Im Vergleich zur Vorstudie wird in der vierten Leitfragen zu den Diskussionen zum SSI nicht mehr nur nach der eigenen Meinung gefragt, sondern vorgelagert nach den einhergehenden Diskussionen im Allgemeinen. Die Frage nach der Vermittlung von SSI wurde weiter konkretisiert durch die zusätzliche Frage danach, was auf jeden Fall zu thematisieren sei. Aufgrund des Erkenntnisfortschritts des Forschenden wurden die möglichen Aspekte, die zu den Leitfragen gehören, erweitert. Um zu prüfen, ob die Sichtweisen der Chemielehramtsstudierenden dauerhaft waren, sind nach einer zeitlichen Verzögerung mit randomisiert ausgewählten Proband*innen Follow-Up-Interviews geführt worden (Theyßen, 2014). Diese wurden mit Hilfe des vorher schon verwendeten Leitfadens geführt. Eine Übersicht mit Angaben über die Befragten erfolgt in den jeweiligen Ergebnisdarstellungen.

4.3.4 Lernarrangements

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage zur Vermittlung wurden die von den Chemielehramtsstudierenden erstellten Vermittlungsprodukte analysiert. Darüber hinaus erlauben die von den Chemielehramtsstudierenden konzipierten Lernarrangements auch Rückschlüsse auf Kompetenzen zur Partizipation an SSI im Sinne der ersten Forschungsfrage. Die zeitliche Verortung dieses Datenerhebungsinstruments ist in Abbildung 12 visualisiert. Im Folgenden wird die Ausgestaltung der Erhebung und die Aufgabenstellung für die Gestaltung der Lernarrangements vorgestellt. Bereits in Kapitel 2.3.4 wurde dargestellt, weshalb der Begriff des Lernarrangements verwendet wird. Die Gestaltung eines Lernarrangements bietet den Chemielehramtsstudierenden Möglichkeiten fachdidaktische Fragestellungen zur Vermittlung eines SSI planerisch in einem geschützten Raum und mit kollegialem Austausch anzuwenden. Die Studierenden erhielten im Seminar zunächst eine wiederholende Vertiefung fachdidaktischer Aspekte, wie das Formulieren von Lernzielen. Im Anschluss daran war es den Studierenden im Diskurs freigestellt, einen für sie interessanten und relevanten Aspekt des jeweiligen SSI der Teilstudie zu wählen, als Beispiel sei hier Mikroplastik in

Kosmetika genannt. Abbildung 14 stellt die im Seminar besprochene Aufgabenstellung für die Entwicklung von Lernarrangements im Seminar dar. Die Aufgabenstellung zur Entwicklung von Lernarrangements ist in allen Teilstudien identisch, lediglich die Fragestellung wurde auf den jeweiligen SSI angepasst. Die Aufgabenstellung dient den Studierenden als Kriterien, welche sie zu ihrem selbstgewählten Thema mit Inhalt füllen müssen. Sie sind vergleichbar mit den Planungshilfen von Seiler (2021, S. 93 f.).

Entwicklung eines Lernarrangements

Inwiefern lässt sich Mikroplastik, seine gesellschaftlichen Herausforderungen (SSI) und seine Diskurse um Grenzwerte im Rahmen von Chemieunterricht verschiedener Schulformen und -stufen thematisieren und begründen? Entwicklung eines Lernarrangements.

- Es sind die angestrebten kompetenzorientierten **Ziele** im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung zu begründen (auch curricular). Es sollen die **Lernbedingungen** der Lernenden, die notwendig sind, reflektiert werden. Es soll herausgearbeitet werden, was die Lernenden durch dieses Lernarrangement lernen sollen (**Lernoutput**). Es wird ein **Hauptziel** formuliert und die entsprechenden Kompetenzanforderungen werden begründet zugeordnet. Die **Bedeutungen** für die naturwissenschaftliche Grundbildung werden analysiert.
- Es sollen, wenn möglich, **Experimente** eingebunden werden, doch muss dies fachdidaktisch begründet (Ziele, Bedingungen, Output) sein.
- In der Sachanalyse wird der **fachliche Hintergrund** analysiert: chemisch, naturwissenschaftlich-interdisziplinär sowie, wenn notwendig, die Einbettung in gesellschaftliche Kontexte.
- Es soll durchweg ein **Gegenwartsbezug** hergestellt werden.
- Es sollen **aktivierende** und **handlungsanleitende Methoden** verwendet werden, der entsprechende Einsatz muss passend und begründet sein (Literatur!).
- In allen Lernarrangements **muss** auf *Grenzwerte*, deren Implikationen und auf *Aspekte der Kommunikation von Wissen (-schaft) und dem Umgang mit Evidenzen* eingegangen werden; gleichwohl in verschiedener Intensität und Differenziertheit.
- Es werden Lernarrangements mit **verschiedenen Themen** konstruiert, die Themen müssen hier im Seminar abgestimmt werden.
- Es sollen **Aufgaben** formuliert in Anlehnung an die Kriterien von Leisen (2010) formuliert werden, sie sollen zum Handeln, auch mit Anderen, anleiten (**Partizipation**).
- Ein Lernarrangement schließt eine **begründete Gestaltung, Einbettung und Reflexion** in eine Lernumgebung in eine konstruierte Reihe bzw. Sequenz ein.
- Wenn **Quellen** eingesetzt werden, muss deren Herkunft angegeben werden (Quellenangabe).
- Die Hinweise werden umgesetzt. Es werden Literaturangaben gemacht!

Universität zu Köln | Institut für Chemiedidaktik | Tom Konrad Anton

Abbildung 14: Aufgabenstellung zur Entwicklung der Lernarrangements in dem Seminar zur Teilstudie 1 und 3 zu Mikroplastik.

In Studien von Zierer, Werner und Wernke (2015) und von Seiler (2021) konnte gezeigt werden, dass das Vorgeben von Kriterien, wie in der Aufgabenstellung zu den Lernarrangements, die Studierenden dabei unterstützt, die Vermittlungsprozesse und ihre zentralen Aspekte, wie Ziele, Voraussetzungen und Methoden, tiefgehend zu planen und zu begründen. Zusammen mit den Vorgaben für die Modulabschlussprüfung (vgl. Kap. 4.2.2) werden die Kriterien für die Erstellung eines Lernarrangements auf diese Weise transparent. Folgendes Prinzip veranschaulicht dies: Nur wenn für alle transparent ist, was zu leisten ist, kann analysiert werden, wie dieses was geleistet wurde.

Bei den Lernarrangements, wie auch den Reflexionsaufgaben (vgl. Kapitel 4.3.2), handelt es sich um Dokumente, die für und im Forschungsprozess erzeugt worden sind, sie werden als “research

generated documents“ (Döring & Bortz, 2016, S. 533) bezeichnet. Da diese Dokumente nicht ohne den Einfluss des Forschungsprojekts entstanden wären und auch nach der Intervention final entstanden sind, kann hier nicht von einer Dokumentenanalyse als Untersuchungsplan im genuinen Sinne gesprochen werden (Döring & Bortz, 2016; Mayring, 2002; Wolff, 2015). In Bezug auf die Lernarrangements und die Antworten auf die Reflexionsaufgaben, die im Forschungsprozess entstanden sind, kann jedoch entgegnet werden, dass sie in einem fachdidaktischen Seminar mit dem Ziel der Erweiterung der Vermittlungskompetenzen der Chemielehramtsstudierenden auch ohne Forschungszweck hätten entstehen können. Daher können diese Formen der Erhebung nicht als Dokumentenanalyse bezeichnet werden, wohl aber kann sich an ihren Prämissen orientiert werden.

Im Folgenden wird sich explizit auf die Lernarrangements bezogen, doch können diese Gedanken auch auf die Reflexionsaufgaben (vgl. Kap. 4.3.2) angewandt werden. Lernarrangements dokumentieren trotz der Vorgaben der Aufgabenstellung und ihrer Einbettung in den Forschungsprozess „eigenständige methodische und situativ eingebettete Leistungen ihrer Verfasser [hier der Chemielehramtsstudierenden, Anm. d. Verf.]“ (Wolff, 2015, S. 504). Als solche können Lernarrangements zur Untersuchung der vorhandenen Vermittlungskompetenzen herangezogen werden und stehen für eine spezifische Zugangsweise zur Planung von Vermittlungsprozessen. Hierbei repräsentieren die Lernarrangements die vorhandenen Vermittlungskompetenzen, diese Form des Zugangs beschreibt Gusfield (1976) mit der Metapher der Fensterscheibe, „durch die hindurch man auf eine Person, eine Tat oder einen Sachverhalt blickt“ (Wolff, 2015, S. 504). In Bezug auf diese Metapher stellen die Lernarrangements die Fensterscheibe dar, durch die auf die jeweiligen Chemielehramtsstudierenden und ihre Kompetenzen geblickt wird. Dinge, die den Durchblick durch die Fensterscheibe verhindern, sind zu thematisieren: In den Lernarrangements können dies Fehler oder Unklarheiten sein, welche Rückschlüsse auf die Planungskompetenzen erlauben und damit die Qualität der Planungsprodukte und der dahinterliegenden Planungskompetenzen indizierbar machen. Darüber hinaus spiegeln die geplanten Lernarrangements auch die Kompetenzen zur Partizipation an Diskursen um SSI, besonders anhand der Einschätzungsdimensionen Analyse des fachlichen Hintergrundes und der handlungsorientierten Arbeitsaufträge.

Aufgrund des Herstellungscharakters dieser Dokumente sind sie nur eingeschränkt im Hinblick auf die Perspektiven der Erzeuger*innen im Vergleich zu anderen Datenerhebungsformen verwendbar (Wolff, 2015). Diese Gegenstände sind durch ihre Entstehungssituation als prinzipiell vager im Vergleich zu Fragebögen oder Interviews anzusehen, denn sie können „zur Kontrolle der Tätigkeit“ (Wolff, 2015, S. 506) in Form der Bewertung der Leistung im Rahmen des Studiums

herangezogen werden und stellen eine Prüfungsleistung dar. Aus diesen Gründen stellen diese Dokumente eine eigenständige Datenebene dar, die zwar im Hinblick auf ihre Aussagekraft im Vergleich zu anderen Datenerhebungsmethoden eingeschränkt ist, doch leisten Lernarrangements besondere Beiträge, die Forschungslücke zur Erforschung von Planungsprodukten von Chemielehramtsstudierenden zu schließen. Soziale Erwünschtheit beschreibt ein

Antwortverhalten von Versuchspersonen (z. B. bei Fragebogenerhebungen), welches darauf orientiert ist, mit der gegebenen Antwort den vermeintlichen Erwartungen des Durchführenden der Befragung oder gesellschaftlich eher akzeptierten Positionen zu entsprechen (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, S. 403).

Die Lernarrangements dienen jedoch nicht der Erhebung von Positionen, sondern der vorhandenen Planungskompetenzen, beispielsweise *wie* Lernziele kompetenzorientiert formuliert und begründet werden. Eine soziale Erwünschtheit in ihrem eigentlichen Sinne können die Lernarrangements daher nicht generieren, denn es werden die Ausprägungen der Kompetenzen untersucht. Planungsprodukte werden im Referendariat und im späteren Berufsleben von Chemielehrer*innen in Prüfungssituationen bewertet. Die Lernarrangements hier im Forschungsprojekt haben auch den Charakter einer Prüfungssituation und sind damit authentisch im Hinblick auf die spätere Berufspraxis. Auftrag der ersten Phase der Chemielehrer*innenbildung ist es, die Chemielehramtsstudierenden auf ihre spätere Berufspraxis vorzubereiten, dazu liefern die Lernarrangements einen authentischen und realitätsnahen Beitrag. Denn im Rahmen des Forschungsprojekts werden sie durch den Dozierenden und die Kommilitonen in einer Lernsituation in einem Schonraum beraten und die Note der Modulabschlussprüfung hat, im Vergleich zu den Bewertungen im späteren Berufsleben, einen geringeren Anteil. Aus diesen Gründen ermöglichen die Lernarrangements und ihre Analyse einzigartige Einblicke in die Performanzen der Chemielehramtsstudierenden, woraus auf die vorhandenen Kompetenzen rückgeschlossen werden kann. Auf anderen Wegen, wie über Fragebogen oder Interviews, wäre dies nicht in dieser Tiefe erhebbar und würde auch eine Beantwortung der zweiten Forschungsfrage verunmöglichen. Dass die Lernarrangements in Prüfungssituationen entstanden sind, beeinflusst nicht die Planungskompetenz selbst, sondern erhöht durch die extrinsische Motivation die Authentizität der Daten. Dies zeigt sich gerade auch an der Teilstudie 2 zu den Schadstoffen in der Luft, denn hier wurden die Lernarrangements nicht im Rahmen einer Modulabschlussprüfung angefertigt. Da hier nur in Bezug auf Materialien geplant worden ist und die Begründungen ausblieben, wurde eine aussagekräftige und vollständige Analyse der Planungskompetenz unmöglich.

4.4 Datenauswertungsmethoden

Die erhobenen Daten werden mit Hilfe der *qualitativen Inhaltsanalyse in Anlehnung an Mayring* (2015b) unter Nutzung verschiedener Analyseformen zur Beantwortung der Forschungsfragen ausgewertet. Die Inhaltsanalyse als solche kann qualitative oder quantitative Formen annehmen, dabei ist der Zweck dieser Methode, einen Text objektiv und systematisch zu analysieren, „um daraus Schlußfolgerungen (sic!) auf nicht-sprachliche Eigenschaften von Personen und gesellschaftlichen Aggregaten zu ziehen“ (Mayntz et al., 1974, S. 151). In der empirischen Sozialforschung wird die Inhaltsanalyse schon seit fast 100 Jahren verwendet und im Laufe der Zeit entwickelten sich verschiedene Arten der Inhaltsanalyse (Lamnek & Krell, 2016). Eine Inhaltsanalyse ist dabei

eine empirische Methode zur systematischen, intersubjektiv nachvollziehbaren Beschreibung inhaltlicher und formaler Merkmale von Mitteilungen, meist mit dem Ziel, einer darauf gestützten interpretativen Inferenz auf mitteilungsexterne Sachverhalte (Früh, 2017, S. 29).

Qualitative Inhaltsanalyse im Allgemeinen will aus einem Text Inhalte explizieren durch *Zusammenfassungen* oder *Strukturierungen*, dadurch werden auch relativ große Datenmengen bearbeitbar – um dies zu verwirklichen wird bei der qualitativen Inhaltsanalyse ein stark regelgeleitetes Vorgehen genutzt (Flick, 2014). Die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015b) ist insoweit qualitativ, als dass sie offen ist „für empirisch begründete Kategorien, die sich aus dem Datenmaterial ergeben“ (Lamnek & Krell, 2016, S. 486), doch ist sie auch quantitativ, „weil die Einzelfälle nicht in ihrer spezifischen Ganzheit durch theoretische Begriffe beschrieben werden, sondern durch zergliedernde Kategorien analytisch gefasst werden“ (Lamnek & Krell, 2016, S. 486). Mayring (2015b) gibt Ablaufmodelle zur Auswertung von Gegenständen vor, die konkrete Schritte beinhalten, die verbindlich sind und aus dieser *Regelgeleitetheit* folgt eine *Transparenz* und *Nachvollziehbarkeit* der Analyse. In der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015a; 2015b) wird der *kontextuelle Zusammenhang der Materialentstehung* in der Auswertung berücksichtigt. Ebenso ist ein Grundsatz dieser Form der Inhaltsanalyse die Qualität der Analysen anhand von Gütekriterien, wie der *Interkoderreliabilität*, zu messen, um zu zeigen, „dass mehrere Inhaltsanalytiker mindestens an Materialausschnitten nachweislich zu ähnlichen Ergebnissen kommen“ (Mayring, 2015a, S. 471). Praktisch erfolgt das Vorgehen nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2002) derart, als dass sie methodisch kontrolliert das Material schrittweise und in Einheiten zerlegt analysiert, im „Zentrum steht dabei ein theoriegeleitet am Material entwickeltes Kategoriensystem“ (Mayring, 2002, S. 114). Mayring (2015b) unterscheidet dabei drei Grundformen qualitativer Inhaltsanalyse: *Zusammenfassung*, *Expli-*

kation und Strukturierung. In diesem Forschungsprojekt werden nur die Grundformen Zusammenfassung und Strukturierung genutzt. Die Grundform der Zusammenfassung findet Anwendung in der induktiven Kategorienbildung (vgl. Kapitel 4.4.2 & 4.4.4), hier werden die Aussagen im Material immer weiter zusammengefasst und auf ihre latenten Sinngehalte unter Berücksichtigung des Selektionskriteriums hin zugespitzt. Das *Selektionskriterium* ist dabei „ein deduktives Element“ (Mayring, 2002, S. 116), welches auf theoretische Reflexionen aufbaut. Nachdem das Material kodiert worden ist, können auch durch die verschiedenen Zuordnungsanzahlen von Textstellen zu Kategorien Häufigkeiten quantifiziert werden, wodurch Trends darstellbar sind. Ziel der Grundform der Strukturierung ist es, „eine bestimmte Struktur aus dem Material herauszufiltern“ (Mayring, 2002, S. 118), dies können sowohl inhaltliche als auch formale Aspekte sein. Eine Besonderheit in der Grundform der Strukturierung ist die skalierende Strukturierung, denn hier werden deduktiv Kategorien abgeleitet und diese in einer Rangfolge angeordnet, wodurch Aussagen aus dem Material skaliert eingeschätzt werden können.

Flick (2014) hat eine „*Checkliste zur Auswahl eines Interpretationsverfahrens und zur Bewertung seiner Anwendung*“ (Flick, 2014, S. 480 f.) vorgeschlagen, welche im Hinblick auf das Forschungsprojekt im Folgenden bearbeitet wird. Die *erste Frage* bezieht darauf, ob das *gewählte Verfahren* die zentralen Aspekte der zu beantwortenden Forschungsfrage(-n) bearbeiten kann. Die beiden Forschungsfragen und ihre Untersuchungsfragen können mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015b) bearbeitet werden, da sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen bezüglich der Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden gemacht werden können. Da diese Auswertungsmethode verschiedene Grundformen und Techniken hat, können sowohl deduktiv als auch induktiv, sowie zusammenfassend als auch strukturierend Texte analysiert werden, sodass kein Methodenwechsel notwendig ist. Ebenso ist auch die bei Mayrings qualitativer Inhaltsanalyse (2015b) obligatorische Quantifizierung der Daten hilfreich bei der Beantwortung der Forschungsfragen, weil dadurch auch Tendenzen in Bezug auf Häufigkeiten angegeben werden können, sowie auch die Veränderungen in den Kompetenzen bspw. vor und nach dem Seminar im Kontext von Forschungsfrage 1 auch in Zahlen messbar werden.

Die *zweite Frage* bezieht sich auf das *Interpretationsverfahren* derart, als dass nur dann ein Springen zwischen Interpretationsformen mit Hilfe der Fragestellung bzw. der Theorie sich begründen lässt. In diesem Forschungsprojekt ist es zwingend notwendig, dass mit verschiedenen Techniken gearbeitet wird, denn es werden Veränderungen gemessen, es werden verschiedene Aspekte der Kompetenz aufgedeckt und eingeschätzt. Diese Adaptivität des Auswertungsverfahrens ermöglicht, dem Kompetenzbegriff nach Weinert (2001) folgend sowohl fachliche als auch volitionale Aspekte zu

beschreiben. Die *dritte Frage* bezieht sich auf den *Interpreten* als Forschenden dergestalt, als dass gefragt wird, ob er zur Nutzung des Verfahrens mit dem bezeichneten Gegenstand im Stande ist und inwiefern eigene subjektive Empfindungen relevant sind. Der Forschende ist im Stande dieses stark regel- und theoriegeleitete Verfahren einzusetzen und sichert sich gegen Verzerrungen durch den Einsatz von Interkodierenden ab. Die *vierte Frage* bezieht darauf, ob die *Texte*, die Gegenstand der Forschung sind, mit diesem Auswertungsverfahren ausgewertet werden können. Da es sich bei den Texten des Forschungsprojekts um verschiedene Textarten, wie Fragebogenantworten, Interviewtranskripte oder Lernarrangements, handelt, kann diese Verschiedenheit durch die verschiedenen Interpretationsformen, die dieses Verfahren bietet, bearbeitet werden. Darüber hinaus ist ein Merkmal der qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring (2015b, S. 50 f.), dass die Texte unter Berücksichtigung des Kontextes des jeweiligen Kommunikationszusammenhangs analysiert werden und die jeweiligen Gegenstände (hier die verschiedenen Texte) vor der Auswertungstechnik im Vordergrund stehen.

Die *fünfte Frage* bezieht sich auf die *Erhebungsform*, derart, ob die erhobenen Daten und verwendeten Erhebungsmethoden zur Auswertungsmethode passen. Alle Daten wurden in eine Textform gebracht, weshalb diese Daten als „fixierte Kommunikation“ (Mayring, 2015b, S. 13) vorliegen, die mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse gut auswertbar sind. Die *sechste Frage* soll klären, ob die Auswertungsmethode genug *Raum zur Interpretation des Gegenstandes* gibt. Diese Auswertungsmethode erlaubt an vielen Stellen einen Spielraum für den Fall, dass Besonderheiten berücksichtigt werden können, derart, dass innerhalb der strukturierenden Analysen immer das Kategoriensystem und die Kategoriendefinitionen nach einem Materialdurchlauf überarbeitet werden sollen, wenn sich Unklarheiten oder Bedarfe ergeben (Mayring, 2015b, S. 109).

Die *siebte Frage* fokussiert den Interpretationsverlauf bezüglich *Realisierung der Interpretationsform* und ihrer Implikationen. Die Auswertungsmethode konnte durch ihre Vielseitigkeit und Regelgeleitetheit zielführend angewandt werden, um transparent das Material zu analysieren, was auch durch die Interkodierungsprozesse verbrieft wird. Die *achte Frage* bezieht sich auf das *Auswertungsziel* und die *Passung der Auswertungsmethode* dazu. Diese Auswertungsmethode erlaubt aufgrund von Häufigkeitsverteilungen klar umgrenzte Aussagen zu machen, aber auch durch ihre stark qualitativen Anteile, die jeweils in verschiedenen Begründungszusammenhängen stehen, komplexe und vielschichtige Zusammenhänge darzustellen. Die *neunte Frage* bezieht sich auf den *Anspruch der Verallgemeinerung der Aussagen* der Studie. Die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015b) unter Nutzung der genannten Formen in dieser Studie erlauben die Rekonstruktion von Einzelfällen, aber auch Aussagen über die verschiedenen Chemielehramtsstudierenden innerhalb der Teilstudien und auch

die Teilstudien vergleichend. Da es sich hierbei um ein Forschungsprojekt mit einer Intervention (vgl. Kap. 4.2) handelt, sind die Erkenntnisse immer vor dem Hintergrund der konkreten Rahmenbedingungen (vgl. Kap. 4.1) zu sehen, weshalb eine Verallgemeinerung auch aufgrund der Verschiedenheit der Chemielehramtsstudierenden und ihrer Perspektiven zu ihrer Profession nicht als allgemein gültige Aussagen gekennzeichnet werden können, wohl aber liefern sie fundierte Einblicke in die Perspektiven von Chemielehramtsstudierenden verschiedener Jahrgänge und Schulformschwerpunkte zu verschiedenen SSI der Chemielehrer*innenbildung. In der Summe unterstützen die Begründungen zur Beantwortung der Checkliste die Auswahl der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015b) als Datenauswertungsmethode. In den folgenden Kapiteln wird auf die konkrete Nutzung eingegangen.

Im Hinblick auf die *Gütekriterien* empirischer Forschung, namentlich Validität, Reliabilität und Objektivität, sei gesagt, dass sie sich nicht ohne Weiteres auf qualitative Forschung anwenden lassen. Durch die Pilotierung der Erhebungsinstrumente, die Vorstudien und die Triangulation wurde versucht, die Validität zu erhöhen (Steinke, 2015). Auch wurde der Vorschlag Krippendorfs (1980) zur Steigerung der semantischen Gültigkeit die kodierten Textstellen einer Kategorie im Hinblick auf Homogenität und Kohärenz selbst zu prüfen, berücksichtigt. Hinsichtlich der Reliabilität wurden über die Kodierungen des Autors hinaus noch Kodierungen von weiteren Personen als Interkodierende vorgenommen, die ebenfalls im Fach Chemiedidaktik forschend tätig sind, wodurch ein hohes Maß an Übereinstimmung erzielt werden konnte (vgl. Mayring, 2015b, S. 125 f.). Ein gängiges Vorgehen bei einer ungleichen Kodierung ist die Abhaltung einer *Kodierkonferenz*, in der über die unterschiedlichen Sichtweisen diskutiert wird und Unklarheiten zur Kodierung der Daten durch eine kommunikative Validierung (Klüver, 1979) diskursiv gelöst werden. Im Zuge dieses Forschungsprojekts ist mit den verschiedenen Interkodierenden derart vorgegangen worden, als dass in der Kodierkonferenz immer ein Konsens gefunden werden konnte. Die Zahlenwerte der Interkodierungen werden in den jeweiligen Unterkapiteln dargestellt und diskutiert. Die durch den Kodierleitfaden festgeschriebenen Regularien ermöglichen eine intersubjektive Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse und legen das Vorgehen zur Datenauswertung ausführlich dar (Früh, 2017).

4.4.1 Inhaltliche Strukturierung des chemischen Wissens, Grenzwertwissens, Wissens zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an Diskursen um ausgewählte SSI

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 wurden sowohl die Fragebögen als auch die Interviews mit einem deduktiv entwickelten Kategoriensystem nach der *inhaltlichen Strukturierung* der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015b) ausgewertet. Die inhaltliche Strukturierung verfolgt das Ziel, „bestimmte Themen, Inhalte, Aspekte aus dem Material herauszufiltern und zusammenzufassen“ (Mayring, 2015b, S. 103). Da es hier um das erworbene Wissen geht, wird bei dieser Analyse die Technik der Strukturierung angewendet, die nach Mayring (2015b) das Ziel hat,

bestimmte Aspekte aus dem Material herauszufiltern, unter vorher festgelegten Ordnungskriterien einen Querschnitt durch das Material zu legen oder das Material aufgrund bestimmter Kriterien einzuschätzen (Mayring, 2015b, S. 67).

Die Kriterien, mit denen das Material untersucht wird, nennen sich Kategorien. Damit eine Untersuchung regelgeleitet durchgeführt werden kann, wird ein Kategoriensystem formuliert, welches die Kategorien dahingehend definiert, was unter eine Kategorie zu fallen hat. Das Kategoriensystem enthält zu jeder Kategorie Ankerbeispiele, die als Beispiele für die Einordnung in eine Kategorie fungieren, und Kodierregeln, nach denen eindeutige Zuordnungen möglich werden (Mayring, 2015b, S. 97). Das Kategoriensystem ist „das zentralste Instrument der Analyse“ (Mayring, 2015b, S. 51), welches die Ziele der Analyse in Kategorien konkretisiert und das intersubjektive Nachvollziehen der Analyse ermöglicht. Mit dem Kodierleitfaden, in den das Kategoriensystem integriert ist, wurde das entsprechende Material anschließend kodiert.

Die Kodierung erfolgte derart, als dass eine Kategorie als erfüllt gilt, wenn eine Textstelle auf Grundlage der Kategoriendefinition im Einklang mit der entsprechenden Kodierregeln ihr zugeordnet werden kann – hier kann dann von einer Kodierung gesprochen werden. Durch die Kodierung der Texte wird eine Auswertung der inhaltlichen Natur möglich (Früh, 2017). Abbildung 15 visualisiert das Ablaufmodell der inhaltlichen Strukturierung in Anlehnung an Mayring (2015b, S. 104). Da es bei der ersten Forschungsfrage um die Fähigkeit zur Partizipation geht und damit auch um das notwendige Wissen, wurde zur Herausfilterung und Zusammenfassung des notwendigen Wissens der Ansatz der *inhaltlichen Strukturierung* gewählt.

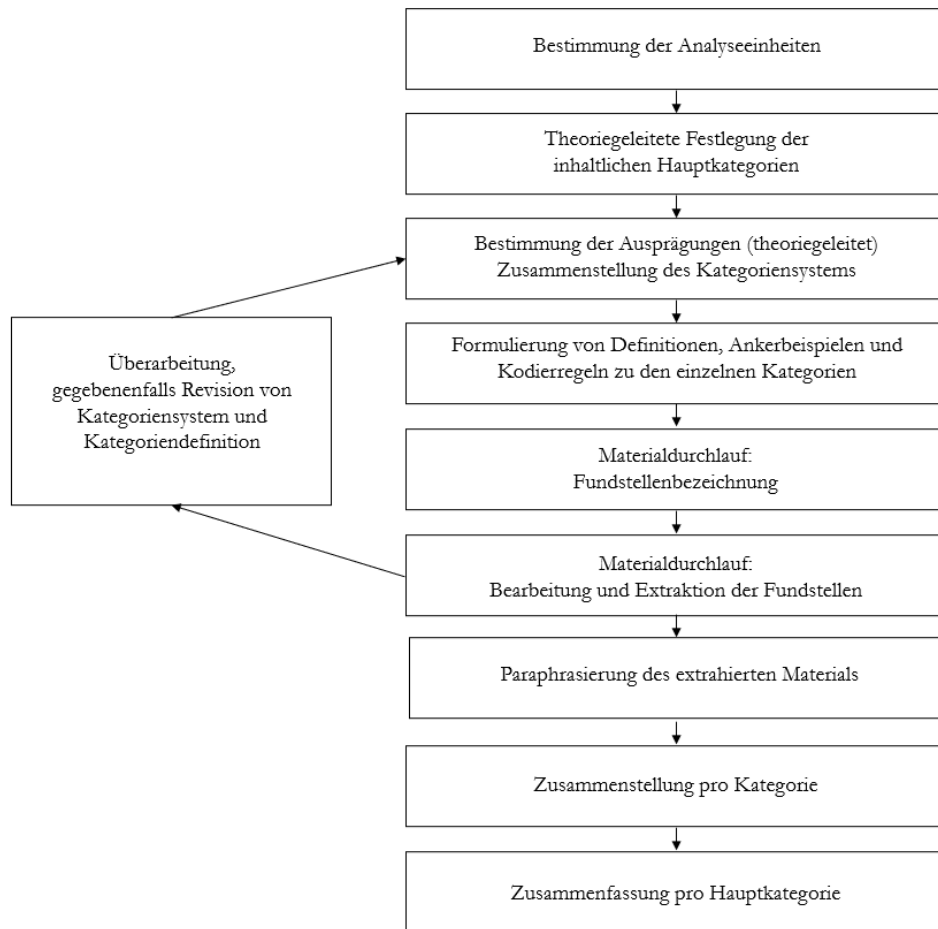


Abbildung 15: Ablaufmodell der inhaltlichen Strukturierung (in Anlehnung an Mayring, 2015b, S. 104).

Nach Mayring (2015b) werden vor der Analyse des Materials folgende Aspekte festgelegt: *Kodiereinheit*, *Kontexteinheit* und *Auswertungseinheit*. Die Kodiereinheit bestimmt die kleinste auszuwertende Einheit, beispielsweise die Wortebene. Mit der Kontexteinheit wird die größte auszuwertende Einheit bestimmt, beispielsweise eine komplette Antwort auf eine Fragestellung. Die Auswertungseinheit wird die Reihenfolge der Auswertung der Einheiten bestimmt (Mayring, 2015b, S. 61). Das entwickelte Kategoriensystem für die inhaltliche Strukturierung des chemischen Wissens, des Grenzwertwissens und des Wissens zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation legt als Kodiereinheit klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte) fest. Dies wurde gewählt, da die Studierenden gerade in den Fragebögen nicht immer ganze Sätze formulieren und die Wahl der Satzebene wäre damit zu groß. Sobald einer Aussage eine klare Bedeutung entnommen werden kann, wurde diese entsprechend kodiert. Wäre Wortebene gewählt worden, entstünde das Problem, dass einzelnen Wörtern nicht immer eine klare Bedeutung entnommen werden kann, sie aber laut Kodierleitfaden zu kodieren seien. Das zeigt dieses Beispiel: Ist nach charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs gefragt,

kann das Wort „gasförmig“ kodiert werden, diese Aussage ist eindeutig und hat eine klare Bedeutung, schließlich sind alle Oxide des Kohlenstoffs unter Normalbedingungen gasförmig. Wird nach den Folgen von Mikroplastik gefragt und es wurde nur das Wort „Verschmutzung“ gemeint, ist diese Aussage nicht ausreichend eindeutig, um kodiert zu werden, denn es schließen sich Fragen an wie beispielsweise: Was ist verschmutzt? Wen beeinflusst diese Verschmutzung? Wie stark beeinflusst diese Verschmutzung Menschen, Tiere und Umwelt? Daher wurde als Kodiereinheit klare bedeutungstragende Elemente gewählt, dies können dann Wörter sein, müssen es aber nicht.

Als *Kontexteinheit* wurde für das Kategoriensystem der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person gewählt. Da mit dem Kategoriensystem vorhandenes Wissen kodiert wird, erlaubt diese Kontexteinheit auch vorhandenes Wissen zu kodieren, welches zwar nicht an der passenden Stelle formuliert worden ist, allerdings dennoch genannt wurde, bspw. von gasförmigen Stoffen anstelle der Antwort auf die erste Frage in der Antwort auf die dritte Frage zu sprechen. Als Auswertungseinheit wurden dementsprechend die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte aller Befragten gewählt. Die Fragebögen und die Interviews werden demnach nacheinander kodiert.

Zur Entwicklung eines deduktiven Kategoriensystems müssen neben der theoretischen Begründung die einzelnen Aspekte des zu untersuchenden Inhalts in Form eines Kategoriensystems ausdifferenziert werden. Dies verläuft nach Mayring (2015b) anhand der folgenden drei Schritte:

1. Definition der Kategorien: Es wird genau definiert, welche Textbestandteile unter eine Kategorie fallen.
2. Ankerbeispiele: Es werden konkrete Textstellen angeführt, die unter eine Kategorie fallen und als Beispiele für diese Kategorie gelten sollen.
3. Kodierregeln: Es werden dort, wo Abgrenzungsprobleme zwischen Kategorien bestehen, Regeln formuliert, um eindeutige Zuordnungen zu ermöglichen (Mayring, 2015b, S. 97).

Das entwickelte Kategoriensystem für die inhaltliche Strukturierung des chemischen Wissens wird zunächst allgemein vorgestellt, dem folgt eine Erläuterung aller Kategoriensysteme zum chemischen Wissen, beginnend mit jenem zu Mikroplastik, gefolgt von dem zu Schadstoffen in der Luft. Die inhaltliche Strukturierung des chemischen Wissens leistet damit einen Beitrag zur Verdeutlichung des fachlichen Hintergrundes des jeweiligen SSI. Diese deduktiv abgeleiteten Kategorien stellen damit eine in Kriterien übersetzte Sachanalyse dar. Das chemische Wissen (CW) ist in allen Kategoriensystemen in drei Kategorien unterteilt. Die Kategorie CW1 betrachtet jeweils die charakteristischen Eigenschaften, die Kategorie CW2 die Bildung und Entstehung der entsprechenden

Stoffe und CW3 die jeweiligen Folgen. Diese Kategorien sind in Unterkategorien unterteilt worden. Da hier Wissen kodiert wird, wurden beim Materialdurchlauf alle Kategorien kodiert. Erfüllt eine Aussage eine Unterkategorie, wurde dies mit 1 kodiert. Wurde die Kategorie nicht erfüllt, wurde mit 0 kodiert.

Tabelle 13: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zu den charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik.

	Kategorie	Definition	Kodierregeln
CW1 Charakteristische Eigenschaften	CW1a: Klassifizierung von Kunststoffpartikeln als Mikroplastik	Die Befragten unterscheiden Mikroplastik von Makro- oder Mesoplastik aufgrund der Größe.	Erfüllt, wenn Mikroplastikpartikel als Kunststoffpartikel aufgrund der Größe kategorisiert werden. Bspw. als kleine Partikel.
	CW1b: Ober- und Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik	Die Befragten nennen 5 mm als (EU-weite) Obergrenze für Mikroplastik. Die Befragten stellen heraus und problematisieren, dass es keine einheitlich definierte Untergrenze der Partikelgröße gibt. Die Untergrenzen der Partikelgrößen liegen ca. im Bereich 100 nm – 1 µm.	Erfüllt, wenn Herausforderungen der uneinheitlichen Mikroplastikpartikelgrößendefinition thematisiert werden. Erfüllt, wenn Ober- oder Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik thematisiert wird.
	CW1c: Mikroplastik schließt verschiedenste Polymerarten ein	Die Befragten bezeichnen Mikroplastik als Sammelbegriff, der verschiedenste Kunststoffe umfasst und dabei wird nicht weiter stofflich differenziert.	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik als Sammelbegriff für verschiedenste Kunststoffe aufgefasst werden kann.
	CW1d: Charakteristische Eigenschaften von Kunststoffen	Die Befragten schreiben Mikroplastik inerte und wasserunlösliche Eigenschaften zu. Die Befragten stellen das günstige Oberfläche-Größe-Verhältnis heraus.	Erfüllt, wenn eine der möglichen charakteristischen Eigenschaften beschrieben wird.

Wie Tabelle 13 entnommen werden kann, ist die Kategorie CW1 zu den charakteristischen Eigenschaften in vier Unterkategorien unterteilt worden. Die erste Unterkategorie CW1a kodiert Aussagen zur Klassifizierung von Kunststoffpartikeln als Mikroplastik. In der Fachliteratur zeigt sich, dass es folgende mögliche Klassifizierung von Kunststoffpartikeln gibt: Makroplastik, Mesoplastik und Mikroplastik (Rochman et al., 2019). Das Besondere an dieser Form der Klassifizierung ist, dass es sich dabei um eine Größenklassifizierung handelt, bei der eine ganze Stoffgruppe betrachtet wird (Fürhacker, 2020). Als Kodierregel wurde daher formuliert, dass diese Unterkategorie dann erfüllt ist, wenn Mikroplastikpartikel als Kunststoffpartikel aufgrund der Größe kategorisiert werden, bspw. als kleine Partikel. In der Literatur gibt es keine einheitliche Definition ab welcher und bis zu welcher Größe ein Plastikpartikel als Mikroplastik bezeichnet wird, Aussagen, die eine solche Ober- und Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik thematisieren, oder auch ebenjene Herausforderungen mit fehlender einheitlicher Größendefinition genannt werden, können in der Unterkategorie CW1b kodiert werden (Fürhacker, 2020; Stöven et al., 2015; Schymanski, 2019; EFSA, 2016; ECHA, 2019). Wie schon angedeutet wurde, umfasst die Bezeichnung Mikroplastik verschiedenste Polymerarten in einer entsprechenden Größenordnung (ECHA, 2019; Rochman et al., 2019). Aussagen, welche herausstellen, dass es sich bei Mikroplastik um einen Sammelbegriff handelt, der verschiedenste Kunststoffe umfasst und dabei wird nicht weiter stofflich differenziert wird, werden in der Unterkategorie CW1c kodiert. Konkrete charakteristische Eigenschaften, wie die Wasserunlöslichkeit werden in der Unterkategorie CW1d kodiert.

Tabelle 14: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zur Kategorie CW2 Bildung und Entstehung von Mikroplastik.

Kategorie		Definition	Kodierregeln
CW2 Bildung & Entstehung	CW2a: Primäres Mikroplastik Typ A	Die Befragten beschreiben primäres Mikroplastik Typ A als Mikroplastikpartikel, die in dieser Größe produziert worden sind und sich in diversen Produkten, wie bspw. Peelings, wiederfinden lassen.	Erfüllt, wenn als primäres Mikroplastik Typ A Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die bewusst in dieser Größe produziert worden sind. Die Benennung als primäres Mikroplastik Typ A ist nicht notwendig.
	CW2b: Primäres Mikroplastik Typ B	Die Befragten beschreiben primäres Mikroplastik Typ B als Mikroplastikpartikel, die bei der Nutzung von Gegenständen, die Kunststoff enthalten, entstehen, wie bspw. Reifenpartikel.	Erfüllt, wenn als primäres Mikroplastik Typ B Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die bei der Nutzung entstehen. Die Benennung als primäres Mikroplastik Typ B ist nicht notwendig.
	CW2c: Sekundäres Mikroplastik	Die Befragten beschreiben sekundäres Mikroplastik als Mikroplastikpartikel, die durch Verwitterung oder Fragmentierung (mechanisch, chemisch, biologisch) von Makrokunststoffen in der Umwelt entstehen, wie bspw. Zerfall von Plastiktüten.	Erfüllt, wenn als sekundäres Mikroplastik Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die durch Verwitterung oder Fragmentierung entstehen. Die Benennung als sekundäres Mikroplastik ist nicht notwendig.

Die Kategorie CW2 zur *Bildung und Entstehung von Mikroplastik* wurde anhand der drei zu unterscheidenden Mikroplastik Typen in drei Unterkategorien unterteilt, wie in Tabelle 14 zu sehen ist. Das sogenannte primäre Mikroplastik Typ A ist in dieser Größe aus ökonomischen Gründen produziert worden und wird diversen Produkten, wie bspw. Peelings, zugesetzt. Die entsprechende Unterkategorie CW2a ist dann erfüllt, wenn als primäres Mikroplastik Typ A Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die bewusst in dieser Größe produziert worden sind (Liebmann, 2015). Die Benennung als primäres Mikroplastik Typ A ist für eine Kodierung nicht notwendig. Beim primären Mikroplastik Typ B handelt es sich um Mikroplastikpartikel, welche durch die bzw. bei der Nutzung von Kunststoffen enthaltenden Gegenständen entstehen, wie der Reifenabrieb, der bei der Nutzung von Gummireifen entsteht. Aussagen, welche primäres Mikroplastik Typ B thematisieren werden in der Unterkategorie CW2b kodiert (Fürhacker, 2020; Hann et al., 2018; Bertling, Bertling & Hamann, 2018). Die Unterkategorie CW2c kodiert Aussagen, welche sekundäres Mikroplastik beschreiben. Hierbei handelt es sich um Mikroplastik, welches durch Verwitterung oder Fragmentierung in der Umwelt entsteht, wie der Zerfall von Plastiktüten (Fürhacker, 2020; Bertling, Bertling & Hamann, 2018; Peeken et al., 2018).

In fünf Unterkategorien wurde die Kategorie CW3 zu den Folgen von Mikroplastik differenziert. In der Literatur wird häufig beschrieben, dass sich Rückstände von Mikroplastik fast überall finden lassen, dies bildet die Unterkategorie CW3a ab (Schymanski, 2019; Stöven et al., 2015). Hier werden Aussagen kodiert, die entsprechendes abbilden, dies kann auch durch die Aufzählung verschiedener Bereiche geschehen. Wird beschrieben, dass Mikroplastik möglicherweise die Gesundheit von

Menschen und Tieren beeinflusst, wie Verletzungen oder Fütterungsstörungen, wird die Unterkategorie CW3b kodiert (Somborn-Schulz, 2022; Cole et al., 2013; Cole et al., 2015; Bhattacharya et al., 2010; Browne et al., 2008; Browne et al., 2013; Rolf et al., 2022).

Tabelle 15: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zur Kategorie CW3 Folgen von Mikroplastik.

	Kategorie	Definition	Kodierregeln
CW3 Folgen	CW3a: Rückstände von Mikroplastik finden sich fast überall	Die Befragten erläutern, dass, aufgrund der weitverbreiteten Verwendung von Kunststoffen, Mikroplastik mittlerweile in vielen Bereichen der (Um-) Welt zu finden ist.	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik in vielen Bereichen der (Um-) Welt zu finden ist.
	CW3b: Mikroplastik kann die Gesundheit von Menschen und Tieren beeinträchtigen	Die Befragten stellen heraus, dass dennoch einige Studien zeigen, dass Mikroplastik die Gesundheit von Tieren beeinflussen kann, wie entstehende Fütterungsstörungen, Verletzungen oder Geschwüre. In Bezug auf den Menschen liegen keine gesicherten Ergebnisse vor, doch können aufgrund der Reaktionen von Tieren entsprechende Rückschlüsse gezogen werden.	Erfüllt, wenn mögliche Beeinflussungen von Mikroplastik auf die Gesundheit von Menschen und Tieren thematisiert werden.
	CW3c: Mikroplastik kann die Umwelt beeinträchtigen	Die Befragten erläutern, dass Erkenntnisse über Auswirkungen von Mikroplastik in Bezug auf die Umwelt, besonders aufgrund der Komplexität, inkonsistent sind. Dennoch ist davon auszugehen, dass Mikroplastik, vor allem aufgrund der Absorptionsfähigkeit von Umweltschadstoffen, Schädigungen hervorrufen kann.	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik die Umwelt beeinträchtigen kann.
	CW3d: Gesicherte Erkenntnisse der Folgen für Lebewesen und Umwelt liegen derzeit nicht endgültig vor und es besteht ein Forschungsdesiderat	Die Befragten erläutern, dass zu Auswirkungen von Mikroplastik auf Lebewesen und Umwelt noch keine gesicherten Ergebnisse vorliegen und die Datenlage, bspw. zum Umweltbereich Wasser, limitiert, spekulativ und inkonsistent ist. Es wird erläutert, dass ein Forschungsdesiderat besteht.	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass gesicherte Erkenntnisse über die Folgen von Mikroplastik für Lebewesen und Umwelt derzeit nicht endgültig vorliegen. Auch erfüllt, wenn ein Forschungsbedarf aufgrund der Forschungslücken und der Unsicherheiten begründet wird.
	CW3e: Mikroplastikpartikel können als Schadstofftransporter wirken	Die Befragten stellen heraus, dass sich Schadstoffe an Mikroplastikpartikeln aufgrund von Adsorption anreichern und sich auf diese Weise mithilfe von Mikroplastikpartikeln verteilen können, sodass Mikroplastikpartikel als Schadstofftransporter wirken können.	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass sich Schadstoffe an Mikroplastikpartikel anreichern können. Auch erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastikpartikel als Schadstofftransporter fungieren können. Es ist nicht notwendig, dass dies mit dem Begriff Adsorption erläutert wird.

Beeinträchtigungen der Umwelt sind inkonsistent gerade aufgrund der Komplexität, doch aufgrund der Absorptionsfähigkeit von Schadstoffen ist davon auszugehen, dass Mikroplastik Schädigungen hervorrufen kann. Aussagen diesbezüglich werden in der Unterkategorie CW3c kodiert (Fürhacker, 2020; GESAMP, 2016; Eerkes-Medrano et al., 2015; Van Cauwenberghe & Janssen, 2014; Bouwmeester et al. 2015; GESAMP, 2015; Schwabl et al., 2018). Wird explizit darauf eingegangen, dass noch keine gesicherten Erkenntnisse bezüglich Mikroplastik und seiner Folgen vorliegen, wird die Unterkategorie CW3d kodiert (Fürhacker, 2020; Schymanski, 2019; Steffen et al., 2015; Ramsperger et al., 2022). Schadstoffe können sich mit Adsorption an Mikroplastikpartikel anreichern und auf diese Weise in der Umwelt verteilt werden, sodass Mikroplastik als Schadstofftransporter wirken können (Rochman et al., 2019; Gigault et al., 2021). Aussagen, die dies thematisieren, werden in der Unterkategorie CW3e kodiert.

Tabelle 16: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zu den charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs.

Kategorie		Definition	Kodierregeln
CW1 Charakteristische Eigenschaften	CW1a: Nennung der Oxide des Kohlenstoffs	Die Befragten nennen die Oxide des Kohlenstoffs (CO und CO ₂ , ausgenommen sind die Anhydride der Malonsäure und der Mellithsäure).	Erfüllt, wenn bspw. Kohlenstoffmonoxid oder Kohlenstoffdioxid genannt werden, hier zählen auch Summenformeln.
	CW1b: Nennung der Oxide des Stickstoffs	Die Befragten nennen die Oxide des Stickstoffs.	Erfüllt, wenn bspw. Stickstoffmonoxid oder Stickstoffdioxid genannt werden, hier zählen auch Summenformeln.
	CW1c: Nennung der Aggregatzustände	Die Befragten nennen die Aggregatzustände der genannten Oxide unter Normalbedingungen.	Erfüllt, wenn zu allen von den Befragten aufgeführten Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs die Aggregatzustände genannt werden.
	CW1d: Charakteristische Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs	Die Befragten benennen CO ₂ als Bestandteil der Luft, betten es in die Prozesse der Photosynthese ein und bezeichnen es als relevant für den Klimawandel. Die Befragten nennen die Toxizität des Kohlenstoffmonoxids.	Erfüllt, wenn eine der möglichen charakteristischen Eigenschaften beschrieben wird.
	CW1e: Charakteristische Eigenschaften der Oxide des Stickstoffs	Die Befragten benennen die Toxizität und die Dimerisation des Stickstoffdioxids. Die Befragten benennen die Toxizität von Stickstoffmonoxid. Die Befragten benennen als weitere Oxide des Stickstoffs z. B. Lachgas, (N ₂ O) mit den einhergehenden Anwendungen, wie die Verwendung als Lebensmittellaserol, als Treibgas oder als Narkotikum.	Erfüllt, wenn eine der möglichen charakteristischen Eigenschaften beschrieben wird.

Die Kategorie zu den *charakteristischen Eigenschaften* im Rahmen des chemischen Wissens zu den *Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs* wurde in insgesamt fünf Unterkategorien unterteilt. Die Unterkategorie CW1a bezieht sich auf die Nennung der Oxide des Kohlenstoffs. Zu den wichtigsten und beständigsten Oxiden des Kohlenstoffs gehören Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenstoffdioxid (CO₂). Die darüber hinaus existierenden Suboxide (C₃O₂, C₄O₂, C₅O₂) und das Mellithsäureanhydrid (C₁₂O₉) (vgl. Riedel & Janiak, 2011, S. 528) müssen für eine Kodierung nicht genannt werden. Die Unterkategorie CW1a ist auch dann erfüllt, wenn Summenformeln oder Valenzstrichformeln korrekt angegeben werden. Für Kohlenstoffdioxid gilt die Unterkategorie auch dann als erfüllt, wenn nur die wichtigste mesomere Grenzstruktur angegeben wird. Generell ist diese Unterkategorie dann erfüllt, wenn eines der Oxide des Kohlenstoffs genannt wurde. Aussagen, welche Oxide des Stickstoffs nennen, werden in der Unterkategorie CW1b kodiert. Analog zu CW1a werden hier Aussagen auch dann kodiert, wenn es sich um Summenformeln, Valenzstrichformeln handelt oder nur eines der Oxide genannt wurde. Die möglichen Oxide orientieren sich dabei an den von Holleman und Wiberg (2017, S. 802) genannten Oxiden des Stickstoffs. Um die Aggregatzustände der Oxide von weiteren charakteristischen Eigenschaften der Oxide für die Analyse des chemischen Wissens zu trennen, erhalten sie mit der Unterkategorie CW1c eine eigene Kategorie. Diese Unterkategorie betrachtet die Aggregatzustände der Oxide sowohl des Kohlenstoffs als auch des Stickstoffs jeweils unter Normalbedingungen, Trockeneis als festes CO₂ wird daher

bspw. nicht betrachtet. Diese Kategorie ist jeweils nur dann erfüllt, wenn für jedes vorher angegebene Oxid der Aggregatzustand angegeben worden ist. Beide zentralen Oxide des Kohlenstoffs sind unter Normalbedingungen gasförmig.

Die aus chemischer Sicht besonders relevanten Oxide des Stickstoffs, wie Stickstoffmonoxid, Distickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Distickstofftetraoxid sind unter Normalbedingungen gasförmig (Riedel & Janiak, 2011, S. 479). Einzig Distickstoffpentaoxid bildet unter Normalbedingungen Kristalle (Riedel & Janiak, 2011, S. 483) und Distickstofftrioxid ist flüssig, zerfällt jedoch bei Temperaturen über -10 °C (Riedel & Janiak, 2011, S. 482). Instabile Oxide des Stickstoffs, wie Distickstofftrioxid, werden hier nicht betrachtet. Charakteristische Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs, die in Zusammenhang mit dem entsprechenden SSI stehen werden in der Unterkategorie CW1d kodiert. Diese umfasst bspw. die Einbettung der Oxide in die Prozesse der Photosynthese oder der Zellatmung (Holleman & Wiberg, 2017, S. 583). Auch können hierzu die Relevanz der Oxide des Kohlenstoffs für den Klimawandel (Riedel & Janiak, 2011, S. 638) und die Toxizität von Kohlenstoffmonoxid durch die irreversible Bildung von Carbonylkomplexen mit den Eisenionen des Hämoglobins und Verhinderung der Sauerstoffaufnahme (Riedel & Janiak, 2011, S. 529) gehören. Diese Unterkategorie ist dann erfüllt, wenn eine dieser für entsprechende SSI relevanten charakteristischen Eigenschaften genannt werden. Charakteristische Eigenschaften der Oxide des Stickstoffs werden in der Unterkategorie CW1e kodiert. Auch diese Unterkategorie gilt dann als erfüllt, wenn bereits eine der charakteristischen Eigenschaften beschrieben wird. Mögliche Eigenschaften können die Dimerisation oder die Toxizität des Stickstoffdioxids sein (Riedel & Janiak, 2011, S. 482) sowie jene Toxizität von Stickstoffmonoxid (Riedel & Janiak, 2011, S. 480). Hier wird auch kodiert, wenn z. B. Lachgas (N_2O) mit einhergehenden Verwendungen, seine narkotisierende Wirkung als Narkotikum oder seine Wirkung als Treibhausgas, benannt werden (Riedel & Janiak, 2011, S. 479 f.). Auch diese Unterkategorie ist dann erfüllt, wenn eine dieser Eigenschaften genannt worden ist.

Tabelle 17 kann entnommen werden, dass die Kategorie CW2 zur *Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs* in vier Unterkategorien unterteilt worden ist. Dabei werden zunächst die Oxide des Kohlenstoffs betrachtet. Im Anschluss daran werden die Oxide des Stickstoffs kodiert. Dabei wird jeweils die Produktion von den Freisetzungsorten getrennt betrachtet. Kohlenstoffdioxid wird bei biologischer und technischer Verbrennung organischer Materialien produziert (Jander & Spandau, 1987, S. 207), ist diese Verbrennung sauerstoffarm, entsteht Kohlenstoffmonoxid (Riedel & Janiak, 2011, S. 530). Dies wird mit der Unterkategorie CW2a kodiert.

Tabelle 17: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zur Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs.

Kategorie		Definition	Kodierregeln
CW2 Bildung & Entstehung	CW2a: Produktion der Oxide des Kohlenstoffs	Die Befragten beschreiben Kohlenstoffdioxid als Produkt bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Materialien, als eingebunden in den Kohlenstoffkreislauf und damit als Produkt der Zellatmung. Die Befragten beschreiben Kohlenstoffmonoxid als Produkt bei der sauerstoffarmen Verbrennung kohlenstoffhaltiger Materialien.	Bezüglich CO ₂ erfüllt, wenn die Verbrennung kohlenstoffhaltiger Materialien genannt wird. Bezüglich CO erfüllt, wenn die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Materialien zur Erzeugung von CO als sauerstoffarm oder als unvollständig beschrieben wird.
	CW2b: Freisetzungsorte der Oxide des Kohlenstoffs	Die Befragten geben an, dass Kohlenstoffdioxid vor allem in der Industrie, im Verkehrssektor, durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie Kraftstoffe, sowie in der Landwirtschaft freigesetzt wird. Die Befragten geben an, dass Kohlenstoffmonoxid hauptsächlich von Automobilmotoren freigesetzt wird.	Erfüllt, wenn entweder der Verkehrssektor oder die Industrie als ein zentraler Ort der Kohlenstoffdioxid-Emission genannt werden. Erfüllt, wenn das Auto als Freisetzungsort von CO genannt wird, es ist unerheblich, ob dabei auf die Wirkung moderner Abgaskatalysatoren eingegangen wird.
	CW2c: Produktion der Oxide des Stickstoffs	Die Befragten beschreiben, dass NO ₂ ein Nebenprodukt der Verbrennung fossiler Energieträger darstellt und Gewitter eine natürliche Quelle von atmosphärischem Stickstoffdioxid darstellen. Die Befragten nennen das Ostwald-Verfahren als aktuelles Verfahren der NO-Darstellung, sowie die Salpetersäureherstellung, bei der NO als Nebenprodukt entsteht.	Bezüglich NO ₂ erfüllt, wenn benannt wird, dass NO ₂ entweder als Nebenprodukt der Verbrennung fossiler Energieträger oder bei Gewittern entsteht. Bezüglich NO erfüllt, wenn entweder das Ostwald-Verfahren oder die Salpetersäureherstellung genannt werden.
	CW2d: Freisetzungsorte der Oxide des Stickstoffs	Die Befragten benennen die Verbrennung fossiler Brennstoffe und damit den Verkehrssektor als großen Stickstoffdi- und monoxid-Freisetzungsort.	Erfüllt, wenn der Verkehrssektor als Freisetzungsort benannt wird.

Eine Aussage erfüllt dann diese Unterkategorie, wenn einer der beiden Prozesse beschrieben wird. Dass Kohlenstoffdioxid bei Verbrennungsreaktionen organischer Materialien entsteht, hat zur Folge, dass die Industrie und der Verkehrssektor durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe zentrale Freisetzungsorte für CO₂ sind (Mortimer & Müller, 2014, S. 426). Zudem sind beide Oxide im Hochofenprozess zur Gewinnung von Metallen aus ihren Erzen zentrale Bestandteile (Jander & Spandau, 1987, S. 264; Jander & Spandau, 1987, 295 f.). Die Unterkategorie CW2b, welche die Freisetzungsorte der Oxide des Kohlenstoffs erhebt, ist entsprechend dann erfüllt, wenn die Industrie oder der Verkehrssektor als zentraler Ort für die Emission von Kohlenstoffdioxid bzw. das Auto als zentraler Ort für die Emission von Kohlenstoffmonoxid genannt werden. Mit der Unterkategorie CW2c wird die Produktion der Oxide des Stickstoffs kodiert. Da Kohle bis zu 2% Stickstoff enthält, entstehen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe häufig Stickstoffoxide, wie Stickstoffmonoxid, als Nebenprodukte (vgl. Riedel & Janiak, 2011, S. 649). Zudem ist Stickstoffmonoxid ein Zwischenprodukt in der Darstellung von Salpetersäure und beim Ostwaldverfahren wird Ammoniak in einer exothermen Reaktion katalytisch zu Stickstoffmonoxid oxidiert (vgl. Riedel & Janiak, 2011, S. 480). Eine natürliche Quelle von atmosphärischem Stickstoffdioxid stellen Gewitter dar (Schumann & Huntrieser, 2007). Zur Erfüllung der Unterkategorie CW2c reicht es aus, wenn eines dieser Produktionsmöglichkeiten des entsprechenden Oxids des Stickstoffs be-

schrieben wird. Stickoxide sind Luftschadstoffe und der Großteil ihrer Emissionen entstehen gemäß der Produktion der Oxide entsprechend im Verkehrssektor im Rahmen der Verbrennung fossiler Brennstoffe (Riedel & Janiak, 2011, S. 483). Für die Erfüllung der Unterkategorie CW2d, welche diese Freisetzungsorte der Oxide des Stickstoffs kodiert, muss der Verkehrssektor als Freisetzungsort benannt werden.

Tabelle 18: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens zu den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs.

	Kategorie	Definition	Kodierregeln
CW3 Folgen	CW3a: CO ₂ als relevant für anthropogenen Klimawandel	Die Befragten bezeichnen Kohlenstoffdioxid als Treibhausgas oder als relevant für den Klimawandel.	Erfüllt, wenn für CO ₂ mit dem Klimawandel oder der Erderwärmung kontextualisiert wird.
	CW3b: Wirkungsweise Kohlenstoffdioxid als Treibhausgas	Die Befragten erläutern die Wirkungsweise Kohlenstoffdioxids als Treibhausgas über die IR-Aktivität, die die Wärmeabstrahlung verhindert und damit die Erhöhung der durchschnittlichen Jahrestemperatur ermöglicht.	Erfüllt, wenn die verminderte Wärmeabstrahlung der Erde mit der IR-Aktivität von Kohlenstoffdioxid erklärt wird.
	CW3c: Folgen des Klimawandels	Die Befragten nennen Folgen des Klimawandels, wie den Anstieg des Meeresspiegels sowie Versauerung und Erwärmung der Meere, Zunahme von Wetterextremen, Zunahme von Armut und Hungersnöten sowie sozialen Konflikten.	Erfüllt, wenn einer der Aspekte genannt wird.
	CW3d: Gesundheitliche Aspekte der Stickstoffoxide	Die Befragten schildern gesundheitliche Aspekte der Stickoxide, indem sie Stickoxide als Risikofaktoren für Atemwegs- und Herz-Kreislauferkrankungen beschreiben und dabei auf die Reizung der Schleimhäute bei Einatmung eingehen. Die Befragten beschreiben die gesundheitsschädliche Wirkung der Stickstoffoxide über die an den Schleimhäuten stattfindende Umwandlung zu salpetriger und Salpetersäure.	Erfüllt, wenn die gesundheitsschädliche Wirkung benannt wird.
	CW3e: Weitere Aspekte der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs	Die Befragten beschreiben die biologische Bedeutung von Kohlenstoffmonoxid. Die Befragten nennen die Beteiligung der Stickstoffoxide an der Produktion von troposphärischem Ozon als weitere Auswirkung.	Bspw. erfüllt, wenn die Beteiligung der Stickstoffoxide an der Bildung von troposphärischem Ozon geschildert wird oder, wenn die biologische Bedeutung von Kohlenstoffmonoxid ausgeführt wird.

CW3a als die erste der vier Unterkategorien zu den *Folgen* betrachtet die Relevanz des Kohlenstoffdioxids für den anthropogenen Klimawandel, da es nach Riedel und Janiak als das „wichtigste, klimarelevante Spurengas“ (Riedel & Janiak, 2011, S. 639) gilt. Alle Unterkategorien der Kategorie CW3 zu den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs können der Tabelle 18 entnommen werden. Diese Unterkategorie erfüllen Aussagen, die CO₂ mit dem Klimawandel bzw. der Erderwärmung kontextualisieren. Wie bereits in Kapitel 4.2 beschrieben, vermag Kohlenstoffdioxid „das von der Erde ausgehende infrarote Licht (> 800 nm) zu absorbieren und in Wärme umzuwandeln“ (Holleman & Wiberg, 2017, S. 583), sodass eine Beschreibung der Wirkungsweise des Kohlenstoffdioxids als Treibhausgas über die IR-Aktivität, welche die Abstrahlung der Wärme verhindert und auf diese Weise die Erhöhung der durchschnittliche Jahrestemperatur ermöglicht, die Unterkategorie CW3b erfüllt und hier kodiert wird. Die konkreten Folgen des Klimawandels, wie die Versauerung der Meere (Scorza et al., 2019, S. 28 f.), Zunahme von Wetterextremen oder

die Zunahme von Hungersnöten und Armut (IPCC, 2018) um nur einige wenige zu nennen, werden mit der Unterkategorie CW3c kodiert. Mit der Nennung eines dieser Aspekte wird diese Aussage in dieser Unterkategorie kodiert. Gesundheitliche Aspekte, wie die Risikofaktoren der Stickoxide für Atemwegs- und Herz-Kreislaufkrankungen (Schulz et al., 2018) sowie die Reizung der Schleimhäute beim Einatmen, welche Entzündungen oder Gewebeschädigungen zur Folge haben können (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, 2019) werden mit der Unterkategorie CW3d kodiert. Die Nennung dieser gesundheitsschädlichen Wirkung der Stickoxide reicht für die Erfüllung dieser Kategorie aus. Die Unterkategorie CW3e zu weiteren Aspekten der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs wird kodiert, wenn die Befragten die biologische Bedeutung von Kohlenstoffmonoxid beschreiben oder die Beteiligung der Stickstoffoxide an der Produktion von troposphärischem Ozon als weitere Auswirkung nennen.

Die Kategoriensysteme zur Kodierung des *Grenzwertwissens* sowie zur *Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI* sind unabhängig von den in den Teilstudien thematisierten SSI. Beide sind in ihren Kodier-, Kontext- und Auswertungseinheiten identisch zu denen der Kategoriensysteme zum chemischen Wissen. Im Kategoriensystem zum Grenzwertwissen (GW) werden *zwei Hauptkategorien* voneinander unterschieden. Die Hauptkategorie GW1 betrachtet *Grenzwertcharakteristika* und ist ebenso wie GW2, welches die *Grenzwertsetzung* betrachtet, in vier Kategorien unterteilt. Die im Folgenden beschriebenen Kategorien wurden aus den theoretischen Reflexionen aus Kapitel 2.1.10 abgeleitet. Durch die Kategorien GW1a und GW1b werden Grenzwerte im Hinblick auf die Frage, warum es Grenzwerte auf einer normativen Ebene gibt, sowie im Hinblick auf die Frage, wie Grenzwerte für Menschen und Institutionen wirken, beleuchtet. GW1a als Kategorie, die die Intention bzw. die Intentionen von Grenzwerten fokussiert, zielt darauf ab, Aussagen zu kodieren, die grundlegend bezweckte, d. h. intendierte, Ziele von Grenzwerten auf einer normativen Ebene thematisieren. Die Intention zielt auf eine Soll-Erwartung ab, die eine Wirkung haben soll; hier, dass die Lebensgrundlagen von Menschen und Tieren sowie ebenso die Umwelt erhalten und gesichert, sowie entsprechende Risiken verringert werden sollen. Dies macht Grenzwerte zu einem zentralen Instrument der Gesundheits- und Umweltpolitik. Diese Kategorie ist dann erfüllt, wenn eines der intendierten Ziele beschrieben wird. GW1b als Kategorie, die mögliche Funktionen von Grenzwerten, bzw. Funktionen, die Grenzwerte für Menschen und Institutionen einnehmen können, fokussiert, zielt darauf ab, Aussagen zu kodieren, die thematisieren, wie sich Grenzwerte auswirken bzw. auf welche Art und Weise. Grenzwerten kommt dabei eine regulierende Funktion zu, indem sie die Menge an Emissionen der zu begrenzenden Stoffe durch Überwachung und Sanktionierung regulieren, sowie eine informierende Funktion zu, da sie sowohl über das Gefahrenpotential als auch über mögliche

Sanktionen bei Überschreitung aufklären. Aussagen, welche eine der beiden Funktionen beschreiben bzw. Auswirkungen der Grenzwerte auf Menschen und Institutionen, erfüllen diese Kategorie und können gemäß der Kodierregeln kodiert werden.

Tabelle 19: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens zu den Grenzwertcharakteristika (GW1).

	Kategorie	Definition	Kodierregeln
GW1 Grenzwertcharakteristika	GW1a: Intention von Grenzwerten	Die Befragten stellen heraus, dass Grenzwerte die Erhaltung und Sicherung der Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Umwelt sowie die Verringerung entsprechender Risiken zum Ziel haben. Sie sind ein zentrales Instrument der Gesundheits- und Umweltpolitik.	Erfüllt, wenn die Erhaltung oder Sicherung der Lebensgrundlagen, oder die Verringerung entsprechender Risiken als Intentionen von Grenzwerten beschrieben werden. Im Fokus dieser Kategorie stehen die grundlegend bezweckten, d. h. intendierten, Ziele von Grenzwerten auf einer normativen Ebene. Die Intention zielt auf eine Soll-Erwartung ab, die eine Wirkung haben soll; hier, dass durch Grenzwerte Lebensgrundlagen von Menschen, Tieren und Umwelt erhalten und gesichert, sowie entsprechende Risiken verringert werden sollen.
	GW1b: Funktionen von Grenzwerten	Die Befragten erläutern die regulierende Funktion von Grenzwerten über die institutionelle Überwachung und die Sanktionierung bei Überschreitungen. Die Befragten erläutern die über Gefahrenpotentiale und Sanktionen informierende Funktion von Grenzwerten.	Erfüllt, wenn die informierende oder die regulierende Funktion beschrieben wird. Die Kategorie zielt darauf ab, Aussagen zu kodieren, die thematisieren, wie Grenzwerte sich auf Menschen und Institutionen auswirken bzw. auf welche Art und Weise Grenzwerte zur Erreichung ihrer Intention wirken.
	GW1c: Überwachung	Die Befragten erläutern, dass die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte mit standardisierten Methoden und durch den Staat erfolgt. Dabei werden Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen problematisiert und reflektiert.	Erfüllt, wenn benannt wird, dass die Überwachung der Einhaltung durch den Staat erfolgt. Auch erfüllt, wenn die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte generell thematisiert, problematisiert oder reflektiert wird.
	GW1d: Konkreter Grenzwert wird benannt und diskutiert	Ein möglicher konkreter Grenzwert des in Rede stehenden Gegenstandes wird benannt, abgegrenzt und diskutiert.	Erfüllt, wenn in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand ein (möglicher) Grenzwert oder Ansätze zu einem Grenzwert thematisiert werden. Auch erfüllt, wenn thematisiert wird, dass aktuell kein Grenzwert gesetzt werden kann.

Aussagen, die konkret auf die zur Überwachung notwendigen standardisierten Messverfahren eingehen, auch unter Berücksichtigung und Problematisierung der Aussagekraft, der Messbedingungen sowie der Grenzen, werden in der Kategorie GW1c zur Überwachung kodiert. Diese Kategorie kann sowohl dadurch erfüllt werden, dass herausgestellt wird, dass der Staat die Einhaltung der Grenzwerte überwacht, als auch dadurch, dass diese Überwachung generell thematisiert oder auch problematisiert wird. Die einzelnen SSI gehen mit verschiedenen Grenzwerten einher, ihre jeweilige Nennung wird in der allgemeinen Kategorie GW1d kodiert. Diese Kategorie ist erfüllt, wenn eine Aussage bezüglich des konkreten in Rede stehenden Gegenstandes einen möglichen Grenzwert nennt oder Ansätze zu einem Grenzwert thematisiert. Es ist auch möglich diese Kategorie dadurch zu erfüllen, wenn thematisiert wird, dass unter den aktuellen Umständen kein Grenzwert gesetzt werden kann. Für die Schadstoffe in der Luft sind Grenzwerte in verschiedenen Anwendungsbereichen festgelegt, während in Bezug auf Mikroplastik solche nicht bestehen und hier gegenwärtig über Verbote diskutiert wird. Die fehlende einheitliche Definition von Mikroplastik sowie fehlende Erkenntnisse zur Messung von Mikroplastik und seinen möglichen Auswirkungen erschweren eine Grenzwertsetzung hier besonders (Fürhacker, 2020).

Tabelle 20: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens zur Grenzwertsetzung (GW2).

Kategorie	Definition	Kodierregeln
GW2 Grenzwertsetzung	GW2a: Grenzwertsetzung Die Befragten erläutern, dass Grenzwerte in einem gestuften und interdisziplinären Prozess gesetzt werden. Dabei werden verschiedene Wissenschaftsdomänen mit ihren spezifischen Ansichten und Ansätzen berücksichtigt und die Politik als Grenzwerte festlegender Akteur über Gesetzestexte beschrieben.	Erfüllt, wenn Grenzwertsetzung als gestufter und bzw. oder interdisziplinärer Prozess gekennzeichnet wird. Erfüllt, wenn beschrieben wird, dass Grenzwert von der Politik schlussendlich beschlossen wird.
	GW2b: Grenzwertsetzung als kontroverser Prozess Die Befragten erläutern, dass die Setzung von Grenzwerten verschiedene, oft kontroverse, Sichtweisen berücksichtigt und durch eine Entscheidung der Politik eine Art Kompromiss entsteht. Gleichwohl bleibt das Spannungsfeld zwischen den Akteuren bestehen und besteht in kontroversen gesellschaftlichen Diskursen fort. Es wird deutlich, dass neben wissenschaftlichen Sichtweisen auch weitere Akteure im Grenzwertsetzungsprozess mitwirken.	Erfüllt, wenn deutlich wird, dass bei der Setzung von Grenzwerten verschiedene, oft kontroverse, Sichtweisen, die in einem Spannungsfeld zueinanderstehen, grundlegend und bzw. oder beeinflussend für die jeweilige Entscheidung der Politik sein können.
	GW2c: Erkenntnismethoden Die Befragten erläutern, dass die Erkenntnisgewinnung zu Grenzwerten und ihren Risiken im Rahmen von Grenzwertsetzungen grundlegend auf Experimenten, Modelle, die auf Rechnungen und Abschätzungen basieren, oder Statistiken, welche mit Hilfe von mathematischen Methoden abstrahiert werden, aufbauen.	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Grenzwertsetzungen grundlegend auf wissenschaftliche Erkenntnisse, die empirisch, zumeist aus Experimenten, gewonnen worden sind, aufbauen. Dies ist auch implizit möglich.
	GW2d: Grenzwertsetzung berücksichtigt Risikoabschätzungen Die Befragten erläutern, dass Grenzwertsetzungen Risikoabschätzungen vorausgehen. Hier wird das Risiko zunächst identifiziert, dann analysiert und schließlich beurteilt. Um ein Risiko abschätzen zu können, muss der Gegenstand definiert sein.	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass bei Grenzwertsetzungen, wie auch bei Grenzwerten grundsätzlich, Risikoabschätzungen berücksichtigt werden. Auch erfüllt, wenn Herausforderungen bei Risikoabschätzungen thematisiert werden. Dies ist auch implizit möglich.

Die Hauptkategorie GW2 zur *Grenzwertsetzung* beginnt mit der Kategorie GW2a, welche ebenfalls Grenzwertsetzung genannt wurde. In dieser Kategorie werden Aussagen kodiert, in denen erläutert wird, dass der Prozess der Grenzwertsetzung ein gestufter und interdisziplinärer ist, der verschiedene Wissenschaftsdomänen mit ihren spezifischen Ansichten und Ansätzen berücksichtigt und die Politik über Gesetzestexte der grenzwertfestlegende Akteur in diesem Prozess ist. Diese Kategorie ist dann erfüllt, wenn die Grenzwertfestlegung als gestufter und bzw. oder interdisziplinärer Prozess gekennzeichnet wird, bzw. herausgestellt wird, dass schlussendlich die Politik den Grenzwert festlegt. Wird erläutert, dass im Rahmen der Grenzwertfestlegung verschiedene, oft kontroverse Sichtweisen in einem Spannungsfeld zueinanderstehen, die Politik möglicherweise in ihrer Entscheidung beeinflussen können und Grenzwerte daher einen Kompromiss zwischen diesen Sichtweisen darstellen, wird die Kategorie GW2b zur Grenzwertsetzung als kontroverser Prozess kodiert. Für eine Kodierung in dieser Kategorie reicht die Nennung eines dieser Aspekte. Grenzwerte und die Erkenntnisgewinnung dazu basieren grundlegend auf Experimenten, Modellen, die auf Rechnungen, Abschätzungen oder Statistiken aufbauen und mathematischen Methoden. Dies deckt die Kategorie GW2c ab. Aussagen werden dann in dieser Kategorie kodiert, wenn dies, auch implizit, erläutert wird. Jeder Grenzwertsetzung geht eine Risikoabschätzung voraus. Dabei wird das Risiko zunächst identifiziert, dann analysiert und anschließend beurteilt. Dazu bedarf es eines definierten Gegenstandes. Aussagen diesbezüglich werden mithilfe der Kategorie GW2d kodiert.

Die Kategorie ist auch erfüllt, wenn Herausforderungen bei der Risikoabschätzung thematisiert werden. Dabei ist auch eine implizite Thematisierung möglich.

Tabelle 21: Auszug aus dem Kategoriensystem zur inhaltlichen Strukturierung zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen.

	Kategorie	Definition	Kodierregeln
RE Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI	REa: Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI (Ebene: Naturwissenschaften)	Die Befragten erläutern, problematisieren und reflektieren die Aussagekraft, die Bedingungen und die Grenzen von naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand.	Erfüllt, wenn naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden anhand von Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen erläutert, problematisiert oder reflektiert werden. Denn um etwas erforschen zu können, muss das Forschungsobjekt definiert sein.
	REb: Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (Ebene: Gesellschaft)	Die Befragten erläutern die Ungleichheit von Laien und Experten im Zugang zu Wissen. Sie gehen reflektiert mit unterschiedlichen Expertenmeinungen, die mitunter vorläufig sind, um. Experten können eine Expertise zu einem Gegenstand abgeben, dabei sind bei (natur-) wissenschaftlichen Erkenntnissen epistemische Unsicherheiten möglich. Experten, wie auch Laien, stellen besondere Perspektiven auf einen Gegenstand dar. Erkenntnisse der Wissenschaft in Bezug auf ihre An- und Verwendung innerhalb von Gesellschaft bzw. Politik werden thematisiert, problematisiert und reflektiert, hierbei kann auf die Rolle der Medien in der Kommunikation eingegangen werden. Es wird darauf eingegangen, inwiefern sich die epistemische Pluralität von Wissenschaft mit Eindeutigkeitsanforderungen von Seiten der Politik vereinbaren lassen.	Erfüllt, wenn Aussagen Erkenntnisse der Wissenschaft in Bezug auf ihre An- und Verwendung innerhalb von Gesellschaft und Politik oder in Bezug zum Vorläufigkeitscharakter oder in Bezug zu epistemischen Unsicherheiten thematisieren. Ebenso erfüllt, wenn, Verhältnisse von Experten und Laien bspw. in Bezug zum Zugang zu Wissen oder in Bezug zum Eindeutigkeitsanspruch der Laien an (natur-) wissenschaftliche Erkenntnisse thematisiert, problematisiert oder reflektiert werden. Dabei ist es nicht notwendig, dass sowohl Experten als auch Laien explizit als solche benannt bzw. deren Positionen berücksichtigt werden.
	REc: Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen (Ebene: Subjekte).	Die Befragten thematisieren, problematisieren und reflektieren Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen zur Partizipation des einzelnen Subjekts in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand und einhergehende Diskurse.	Erfüllt, wenn Grundlagen, Möglichkeiten oder Grenzen zur Partizipation des einzelnen Subjekts in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand und einhergehende Diskurse thematisiert, problematisiert oder reflektiert werden. Dies umfasst auch Reflexionen über die Folgen von Verhaltensweisen, bspw. im Konsumbereich.

Die Hauptkategorie zur *Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI (RE)* ist in drei Kategorien unterteilt und wurde aus den theoretischen Grundlegungen abgeleitet. Die erste Kategorie REa kodiert die *Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI* (vgl. Kap. 2.1.7-2.1.9). Sie betrachtet dabei vor allem die Ebene der Naturwissenschaften. Die Befragten erläutern, problematisieren und bzw. oder reflektieren hier entsprechend die Aussagekraft, die Bedingungen und die Grenzen von naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung in Bezug auf den in Rede stehenden Gegenstand. Die Ebene der Gesellschaft und damit im Besonderen die Ungleichheit zwischen Experten und Laien im Zugang zu Wissen, den Umgang mit epistemischen Unsicherheiten, sowie die Rolle der Medien in der Kommunikation werden in der Kategorie REb bezüglich der *Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI reflektiert* (vgl. Kap. 2.1.6-2.1.8). Diese Kategorie ist erfüllt, wenn einer dieser Aspekte reflektiert wird, dabei ist es nicht notwendig, dass sowohl Experten als auch Laien explizit als solche benannt bzw. deren Positionen berücksichtigt werden. Die *Reflexion, Thematisierung bzw. Problematisierung der Grundlagen, der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts*

zur Partizipation an SSI-Diskursen in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand werden in der Kategorie REc kodiert (vgl. Kap. 2.1.4-2.1.6, 2.2). Aussagen, die einen dieser Aspekte ansprechen, dazu zählen auch die Folgen von individuellen Verhaltensweisen bspw. im Konsumbereich, erfüllen diese Kategorie.

Um die Objektivität und Reliabilität der durchgeführten inhaltlichen Strukturierungen (Mayring, 2015b) absichernd beurteilen zu können, wurde die *Interkoderreliabilität* geprüft (Kühne, 2013, S. 36). Dazu wurden die Daten nach erfolgter Kodierung durch den Forschenden durch einen zweiten Experten (Interkoder 1), der im Bereich Chemiedidaktik forscht, mit dem entsprechenden Kodierleitfaden kodiert. Interkoder 1 wurde vor der Interkodierung durch den Forschenden anhand von Beispielen in die Verwendung des Kodierleitfadens eingewiesen. Aus Teilstudie 1 zum SSI Mikroplastik aus dem Wintersemester 2020/2021 wurden die Prä- und Post-Fragebögen sowie die Reflexionsaufgaben von acht der sechzehn Teilnehmenden (d. h. 50 %) zufällig ausgewählt und interkodiert. Da nicht mit allen Studierenden des Kurses Interviews zur weiteren Datenerhebung geführt worden sind, konnten darüber hinaus zusätzlich bei sechs der acht zufällig ausgewählten Personen die geführten problemzentrierten Interviews (Witzel, 1985) interkodiert werden. Ein dreiviertel Jahr nachdem die Interviews geführt worden sind, fanden entsprechende Follow-Up-Interviews statt. Da diese wiederum nicht mit allen Interviewpartner*innen geführt werden konnten, konnten die Follow-Up-Interviews von drei Personen interkodiert werden. Im Anschluss an die Interkodierprozesse fand eine Kodierkonferenz statt, hier wurden Unklarheiten diskutiert und reflektiert. Bei Fällen mit ungleicher Zuordnung der Kategorien konnte eine Einigung zwischen den beiden Kodierenden herbeigeführt werden.

Um die Aussagekraft des Kodierleitfadens zu untersuchen, wurden die Summen der Übereinstimmungen, die prozentualen Übereinstimmungen nach Holsti (Holsti, 1969; Döring & Bortz, 2016, S. 567; Brennan & Prediger, 1981) und Cohens Kappa Koeffizienten (Döring & Bortz, 2016, S. 568; Cohen, 1960) gebildet. Cohens Kappa berücksichtigt, dies ist hervorzuheben, auch zufällig übereinstimmende Kategorien (Döring & Bortz, 2016, S. 568). Da zur Beantwortung von Forschungsfrage 1, die die Kompetenzen zur Partizipation an SSI-Diskursen akzentuiert, drei Untersuchungsfragen, die jeweils das chemische Wissen, das Grenzwertwissen und das Wissen zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse fokussieren, gebildet worden sind, werden für jede Untersuchungsfrage einzelne *Interkoderreliabilitäten* angegeben. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 22. Aufgrund der Menge des Datenmaterials, der Tatsache, dass in zahlreichen Fällen pro Studierende mehrere Kodiereinheiten bestehen und aufgrund dessen, dass durchweg gute bis sehr gute

Interkoderreliabilitäten nach Landis und Koch (1977) erreicht worden sind, kann davon ausgegangen werden, dass abweichende Kodiereinheiten sich nicht durch unscharfe Kategorien ergeben haben.

Tabelle 22: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierungen von Teilstudie 1.

	Chemisches Wissen	Grenzwertwissen	Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik
Anzahl der Kodiereinheiten insgesamt	188	124	67
Anzahl der übereinstimmenden Kodiereinheiten	165	107	58
Anzahl der nicht übereinstimmenden Kodiereinheiten	23	17	9
Prozentuale Übereinstimmung nach Holsti (p)	0,87766	0,8629	0,86567
Zufallsübereinstimmung (pe)	0,09504	0,12929	0,30074
Übereinstimmung nach Cohens-Kappa (κ)	0,86481	0,84255	0,8079
Einschätzung der Übereinstimmung nach Landis & Koch (1977)	(Fast) Vollkommene (almost perfect) Übereinstimmung	(Fast) Vollkommene (almost perfect) Übereinstimmung	Beachtliche (substantial) Übereinstimmung

Im Bereich des *chemischen Wissens* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial der Teilstudie 1 insgesamt 188 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 165 Kodiereinheiten übereinstimmten. Die Interkoderreliabilitäten sind in Tabelle 22 verzeichnet. Es haben sich in der Summe 23 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier hat der interkodierende Experte (Interkoder 1) keine Kategorie zugeordnet. Im Verhältnis haben sich im Bereich der Auswirkungen und Folgen von Mikroplastik (CW3) die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 13) ergeben, während im Bereich der Bildung und Entstehung von Mikroplastik (CW2) die wenigsten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 4) ergeben haben. Die Hauptkategorie zu den charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik (CW1) nimmt eine mittlere Position zwischen den abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 6) ein, wobei sich in der Kategorie CW1d zu den charakteristischen Eigenschaften von Kunststoffen keine Abweichungen ergeben haben. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden.

Im Bereich des *Grenzwertwissens* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial insgesamt 124 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 107 Kodiereinheiten übereinstimmten. Es haben sich in der Summe 17 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier hat der interkodierende Experte (Interkoder 1) bei 16 Kodiereinheiten keine Kategorie zugeordnet und bei einer Kodiereinheit eine andere. Die folgende Aussage wurde von beiden Kodierenden unterschiedlich eingeordnet:

Also wir haben so einen Mindestschutz, den wir irgendwie machen müssen, weil es ansonsten gesundheitsschädlich ist. Das ist so ein Grenzwert (KMQQ8_MP1_FUI).

Der Forschende hat diese Kodiereinheit als GW1b eingeordnet, da in dieser Aussage durch den Mindestschutz die regulierende Funktion von Grenzwerten angesprochen wird, die darauf abzielt, dass der Grenzwert hier die Funktion einnimmt, Gesundheitsschutz zu ermöglichen, während Interkoder 1 diese Kodiereinheit als GW1a eingeordnet hat, da er argumentierte, dass es hierbei um den Schutz von Gesundheit ginge. Im Diskurs konnte sich darauf geeinigt werden, dass hier die Kategorie GW1b als passender anzusehen ist, da hier stark die regulierende Funktion von Grenzwerten im Vordergrund steht, weil zum Gesundheitsschutz etwas Spezifisches gemacht werden muss. Im Verhältnis haben sich im Bereich der Grenzwertsetzung (GW2) die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 9) ergeben, während sich im Bereich der Grenzwertcharakteristika (GW1) die wenigsten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 7) ergeben haben. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden.

Im Bereich zur *Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial insgesamt 67 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 58 Kodiereinheiten übereinstimmen. Es haben sich in der Summe 9 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier hat der interkodierende Experte allen Kodiereinheiten keine Kategorie zugeordnet. Im Verhältnis haben sich im Bereich der Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (REb) die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 4) ergeben, während sich im Bereich der Reflexion auf Subjektebene (REc) die wenigsten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 2) ergeben haben. Da die Aussagen zu diesem Bereich selten kodiert werden konnten, fallen hier schon geringe Anzahlen an Abweichungen in den Kodierungen stark ins Gewicht, vor allem, weil bei den Probanden notwendigerweise Reflexionskompetenzen vorhanden sein müssen, die kognitiv als komplex einzuordnen sind. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden. Das folgende Zitat aus einem Interview ist vom Forschenden in die Kategorie REc zur Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen (Ebene: Subjekte) kodiert worden, während von Interkoder 1 keine Kodierung vorgenommen worden ist.

Also es gibt ja die Möglichkeit, ich habe tatsächlich mit Schülern letztens da auch Toxfox benutzt. Da haben wir über Nanomaterialien gesprochen. Und dann sollten die bestimmte Produkte eben daraufhin untersuchen. Und die haben sich die App auch sofort

alle runtergeladen, sind haben dann auch zuhause nochmal ihr Make-Up und alles gescannt und ich glaube, wenn den Schülern bewusst wird, dass sie sich, keine Ahnung, irgendein Plastik ins Gesicht werfen, überdenken die auch nochmal, ob das denn so sinnvoll ist (9N5VM_MP1_I).

In der Kodierkonferenz konnte argumentativ begründet werden, dass diese Kodiereinheit die Kodierregeln erfüllt, denn hier wird die Nutzung der Applikation Toxfox als Möglichkeit zur Partizipation des Subjekts gesehen, es werden Verhaltensweisen im konkreten Konsumbereich reflektiert und Hilfen zur Entscheidungsfindung als mündige*r Bürger*in vorgestellt.

Da Interkoder 1 nur Daten aus Teilstudie 1 interkodiert hat, wurden die Daten der Teilstudien 2 und 3 zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage von einem weiteren Experten (Interkoder 2), der im Bereich Chemiesdidaktik forscht, mit den entsprechenden Kodierleitfäden kodiert. Auch Interkoder 2 wurde vor der Interkodierung durch den Forschenden anhand von Beispielen in die Verwendung des Kodierleitfadens eingewiesen. Aus der Teilstudie 2 zu den Schadstoffen in der Luft aus dem Sommersemester 2021 wurden die Prä- und Post-Fragebögen von vier der fünfzehn Teilnehmenden (ca. 27 %) ausgewählt und interkodiert. Da nicht mit allen Studierenden des Kurses Interviews zur weiteren Datenerhebung geführt worden, wurden zur Interkodierung diejenigen ausgesucht, die auch ein problemzentriertes Interview (Witzel, 1985) mit dem Forschenden geführt haben. Ein knappes halbes Jahr nachdem die Interviews geführt worden sind, fanden entsprechende Follow-Up-Interviews statt. Da diese wiederum nicht mit allen Interviewpartner*innen geführt werden konnten, konnten die Follow-Up-Interviews von zwei Personen interkodiert werden. Im Anschluss an die Interkodierprozesse fand eine Kodierkonferenz statt, hier wurden Unklarheiten diskutiert und reflektiert. Bei Fällen mit ungleicher Zuordnung der Kategorien konnte eine Einigung zwischen den beiden Kodierenden herbeigeführt werden. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Interkodierprozesse entlang der verschiedenen Wissensbereiche chemisches Wissen, Grenzwertwissen und Wissen zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Schadstoffe in der Luft vorgestellt, jedoch kürzer als bei der ersten Teilstudie um Redundanzen zu vermeiden. Da die Kategoriensysteme der beiden letzten Wissensbereiche komplett gleichgeblieben sind, unterstützen diese Ergebnisse die Ergebnisse aus Teilstudie 1. In Bezug auf den Bereich des chemischen Wissens ist die Struktur erhalten geblieben, wurde jedoch auf den SSI Schadstoffe in der Luft angepasst. In Tabelle 23 sind die Ergebnisse der Interkodierprozesse dieser Teilstudie aggregiert dargestellt.

Tabelle 23: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierungen von Teilstudie 2.

	Chemisches Wissen	Grenzwertwissen	Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik
Anzahl der Kodiereinheiten insgesamt	152	106	45
Anzahl der übereinstimmenden Kodiereinheiten	132	91	39
Anzahl der nicht übereinstimmenden Kodiereinheiten	20	15	6
Prozentuale Übereinstimmung nach Holsti (p)	0,86842	0,85849	0,86667
Zufallsübereinstimmung (pe)	0,08107	0,14568	0,33531
Übereinstimmung nach Cohens-Kappa (κ)	0,85681	0,83434	0,79941
Einschätzung der Übereinstimmung nach Landis & Koch (1977)	(Fast) Vollkommene (almost perfect) Übereinstimmung	(Fast) Vollkommene (almost perfect) Übereinstimmung	Beachtliche (substantial) Übereinstimmung

Im Bereich des *chemischen Wissens* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial der zweiten Teilstudie insgesamt 152 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 132 Kodiereinheiten übereinstimmten. Es haben sich in der Summe 20 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier hat der interkodierende Experte (Interkoder 2) meist keine Kategorie zugeordnet und nur in zwei Fällen eine andere Kategorie kodiert. Im Verhältnis haben sich in der Hauptkategorie zu den charakteristischen Eigenschaften von Schadstoffen in der Luft (CW1) die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 8), im Bereich der Bildung und Entstehung von Schadstoffen in der Luft (CW2) haben sich die wenigsten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 3) ergeben. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden.

Im Bereich des *Grenzwertwissens* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial der Teilstudie 2 zu den Schadstoffen in der Luft insgesamt 106 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 91 Kodiereinheiten übereinstimmten. Es haben sich in der Summe 15 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier hat der interkodierende Experte (Interkoder 1) bei 13 Kodiereinheiten keine Kategorie zugeordnet und bei zwei Kodiereinheiten eine andere Kategorie. Die folgende Aussage wurde von beiden Kodierern unterschiedlich eingeordnet:

Ich sehe es nicht so, dass Grenzwerte praktisch eine Abgrenzung sind, wie viel Emissionen oder Abgase in Ordnung sind, sondern wirklich auf die Gesundheit bezogen, weil die Folgen viel schwerwilliger (sic!), als jetzt wenn die Abgase da einfach da sind (EMUBX_SidL_I).

Der Forschende hat diese Kodiereinheit als GW1b eingeordnet, da in dieser Aussage mit dem Begriff Abgrenzung über die regulierende Funktion gesprochen worden ist. Während Interkoder 2

diese Kodiereinheit als GW1a eingeordnet hat, da er argumentierte, dass hier die Intention in Form des Schutzes von Gesundheit reflektiert werde. Im Diskurs konnte sich darauf geeinigt werden, dass hier die Kategorie GW1a als passender anzusehen ist, da die Abgrenzung auf den Gesundheitsschutz beziehbar ist. Die folgende Aussage wurde von beiden Kodierern unterschiedlich eingeordnet:

Grenzwerte entstehen auf Grundlage einer Abwägung. Wiederrum dauert dieser Prozess mehrere Jahre (EMUBX_SidL_Pr).

Der Forschende hat diese Kodiereinheit als GW2a eingeordnet, da hier die Abwägung als gestufter Prozess, der langwierig ist, beschrieben wird, während Interkoder 2 diese Kodiereinheit als GW2b eingeordnet hat, da er argumentierte, dass diese Abwägung als Umgang mit Kontroversität einzuschätzen sei. Im Diskurs konnte sich darauf geeinigt werden, dass hier die Kategorie GW2a als passender anzusehen ist, da der gestufte und interdisziplinäre Grenzwertsetzungsprozess qua Kategoriendefinition als Abwägung normativ konstruiert ist. Im Verhältnis haben sich im Bereich der Grenzwertcharakteristika (GW1) die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 8) ergeben, während sich im Bereich der Grenzwertsetzung (GW2) weniger abweichende Kodiereinheiten (i. Z.: 7) ergeben haben. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden.

Im Bereich zur *Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Schadstoffe in der Luft* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial insgesamt 45 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 39 Kodiereinheiten übereinstimmen. Es haben sich in der Summe 6 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier hat der interkodierende Experte allen Kodiereinheiten keine Kategorie zugeordnet. Im Verhältnis haben sich im Bereich der Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (REb) die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 3) ergeben, während sich im Bereich der Reflexion auf Subjektebene (REc) die wenigsten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 1) ergeben haben. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden.

Interkoder 2, der im Bereich Chemiedidaktik forscht, interkodierte auch die Daten aus Teilstudie 3 zur Beantwortung von Forschungsfrage 1 mit den entsprechenden Kodierleitfäden. Auch Interkoder 2 wurde vor der Interkodierung durch den Forschenden anhand von Beispielen in die Verwendung des Kodierleitfadens zum SSI Mikroplastik eingewiesen. Aus Teilstudie 3 zum SSI Mikroplastik aus dem Wintersemester 2021/2022 wurden die Prä- und Post-Fragebögen sowie die Reflexionsaufgaben von sechs der 31 Teilnehmenden (ca. 20 %) ausgewählt und interkodiert. Da

nicht mit allen Studierenden des Kurses Interviews zur weiteren Datenerhebung geführt worden sind, wurden zur Interkodierung besonders diejenigen drei Studierenden ausgesucht, die auch ein problemzentriertes Interview (Witzel, 1985) mit dem Forschenden geführt haben. Ein knappes dreiviertel Jahr nachdem die Interviews geführt worden sind, fanden entsprechende Follow-Up-Interviews statt. Da diese wiederum nicht mit allen Interviewpartner*innen geführt werden konnten, konnten die Follow-Up-Interviews von zwei Personen interkodiert werden.

Tabelle 24: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierungen von Teilstudie 3.

	Chemisches Wissen	Grenzwertwissen	Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik
Anzahl der Kodiereinheiten insgesamt	201	90	59
Anzahl der übereinstimmenden Kodiereinheiten	180	79	52
Anzahl der nicht übereinstimmenden Kodiereinheiten	21	11	7
Prozentuale Übereinstimmung nach Holsti (p)	0,89552	0,87778	0,88136
Zufallsübereinstimmung (pe)	0,09742	0,13951	0,31773
Übereinstimmung nach Cohens-Kappa (κ)	0,88425	0,85796	0,82611
Einschätzung der Übereinstimmung nach Landis & Koch (1977)	(Fast) Vollkommene (almost perfect) Übereinstimmung	(Fast) Vollkommene (almost perfect) Übereinstimmung	(Fast) Vollkommene (almost perfect) Übereinstimmung

Im Anschluss an die Interkodierprozesse fand eine Kodierkonferenz statt, hier wurden Unklarheiten diskutiert und reflektiert. Bei Fällen mit ungleicher Zuordnung der Kategorien konnte eine Einigung zwischen den beiden Kodierenden herbeigeführt werden. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Interkodierprozesse entlang der verschiedenen Wissensbereiche chemisches Wissen, Grenzwertwissen und Wissen zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Schadstoffe in der Luft vorgestellt, jedoch kürzer als bei der ersten Teilstudie um Redundanzen zu vermeiden. Hier ist das gleiche Kategoriensystem wie auch in Teilstudie 1 verwendet worden, da es auch um Mikroplastik ging, weshalb die Ergebnisse aller drei Wissensdomänen vergleichbar sind.

Im Bereich des *chemischen Wissens* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial von Teilstudie 3 zum SSI Mikroplastik insgesamt 201 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 180 Kodiereinheiten übereinstimmten. Es haben sich in der Summe 21 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier hat der interkodierende Experte (Interkoder 2) bei 10 Kodiereinheiten keine Kategorie zugeordnet und bei 11 Kodiereinheiten eine andere als der Forschende. Im Verhältnis haben sich im Bereich der Auswirkungen und Folgen von Mikroplastik (CW3), wie auch in der ersten Teilstu-

die, die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 10) ergeben. Im Bereich der charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik (CW1) haben sich die wenigsten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 5) ergeben. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden.

Im Bereich des *Grenzwertwissens* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial insgesamt 90 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 79 Kodiereinheiten übereinstimmen. Es haben sich in der Summe 11 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier hat der interkodierende Experte (Interkoder 2) bei 5 Kodiereinheiten keine Kategorie zugeordnet und bei 6 Kodiereinheiten eine andere. Die folgende Aussage wurde von beiden Kodierern unterschiedlich eingeordnet:

Besonders in Erinnerung geblieben ist mir, dass Grenzwerte immer Kompromisse zwischen der Vermeidung von Gefahren und der damit einhergehenden wissenschaftlichen Einschätzung und dem politisch möglichen/gewollten sind (3ONZDDG9_MP2_RWa)

Der Forschende hat diese Kodiereinheit als GW2a eingeordnet, da in dieser Aussage durch den Begriff Kompromiss in Zusammenhang mit „politisch möglichen/ gewollten“ (3ONZDDG9_MP2_RWa) die Grenzwertsetzung durch die Politik im Vordergrund steht, während Interkoder 2 diese Kodiereinheit als GW2b eingeordnet hat, da er argumentierte, dass es sich bei Kompromissen immer ein Resultat von Entscheidungen handelt, die in einem Spannungsfeld kontroverser Sichtweisen stehen, weshalb die Kontroversität im Fokus steht. Im Diskurs konnte sich darauf geeinigt werden, dass hier die Kategorie GW2b als passender anzusehen ist, da hier der kontroverse Prozess zur Grenzwertsetzung durch verschiedene Perspektiven verschiedener Akteure mehr Gewicht hat als die interdisziplinäre und gestufte Grenzwertsetzung als Prozess. Im Verhältnis haben sich im Bereich der Grenzwertcharakteristika (GW1), im Unterschied zur ersten Teilstudie, die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 7) ergeben, während sich im Bereich der Grenzwertsetzung (GW2) die wenigsten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 4) ergeben haben. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden.

Im Bereich zur *Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik* wurden im zur Interkodierung ausgewählten Datenmaterial insgesamt 59 Kodiereinheiten gesetzt, von denen 52 Kodiereinheiten übereinstimmen. Es haben sich in der Summe 7 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hiervon hat der interkodierende Experte (Interkoder 2) drei Kodiereinheiten keiner Kategorie zugeordnet. Gleich auf im

Verhältnis haben sich in den Bereichen Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI (REa) und Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (REb) die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: jeweils 3) ergeben. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden. Das folgende Zitat aus einem Interview ist vom Forschenden in die Kategorie REb zur Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (Ebene: Gesellschaft) kodiert worden, während von Interkoder 2 eine Kodierung in der Kategorie REc zur Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen (Ebene: Subjekte) vorgenommen worden ist.

In dem Sinne, wir können also die neutralen Sachen, die eigentlich umgesetzt werden müssen, nur langsam umsetzen. Das heißt, wir müssen so ein bisschen unsere Werte als Gesellschaft noch mit hereinbringen, um den Prozess langsam anzustoßen, weil der darf der Bevölkerung natürlich nicht zuwider sein. Politik, die am Ende irgendwie Grenzwerte dann festsetzt oder sagt, was jetzt zu tun ist gegen Mikroplastik, muss halt auch immer auf die Bevölkerung hören. Weil wenn die Maßnahmen von der Bevölkerung nicht getragen werden, dann kann man das halt auch nicht umsetzen, ganz abzusehen davon, dass die Politiker*innen in unseren Ländern natürlich immer um ihre Wählerstimmen bangen müssen (U3KJTND7_MP2_I).

In der Kodierkonferenz konnte argumentativ begründet werden, dass diese Kodiereinheit die Kodierregeln von REb erfüllt, denn hier wird die gesellschaftliche Ebene mit ihrer Verwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Entscheidungsfindung kritisch reflektiert. Es konnte im Diskurs erarbeitet werden, dass die Ebene des Subjekts mit seinen Grenzen und Möglichkeiten zur Partizipation hier nicht fokussiert wird, da hier die Bevölkerung als Gesamtgesellschaft betrachtet wird.

In der Summe ist bemerkenswert, dass bei der Interkodierung eher selten unterschiedliche Kodiereinheiten vergeben worden sind, was dafür spricht, dass die Kategorien relativ trennscharf formuliert sind. Ebenso unterstützen diese These auch die Kodierkonferenzen, in denen immer im Diskurs eine begründete Lösung gefunden werden konnte, die für alle am Interkodierprozess Beteiligten akzeptabel war.

4.4.2 Induktive Analyse der zur Beantwortung des Fragebogens verwendeten Informationsquellen

Die Frage in den Fragebögen bezüglich der verwendeten Informationsquellen wurde induktiv im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015b) analysiert. Die Antworten der Studierenden werden in einer induktiven Inhaltsanalyse durch Zusammenfassung immer abstrakter und der Inhalt wird weiter abstrahiert. Für die intersubjektive Nachvollziehbarkeit wurde bei der Analyse der Prozess zur induktiven Kategorienbildung nach Mayring (2015b) gewählt. Nach dem Ablaufmodell zur induktiven Kategorienbildung nach Mayring (2015b, S. 86; vgl. Abbildung 16) muss zunächst der Gegenstand, das Material, das Ziel der Analyse sowie die Theorie festgelegt werden.

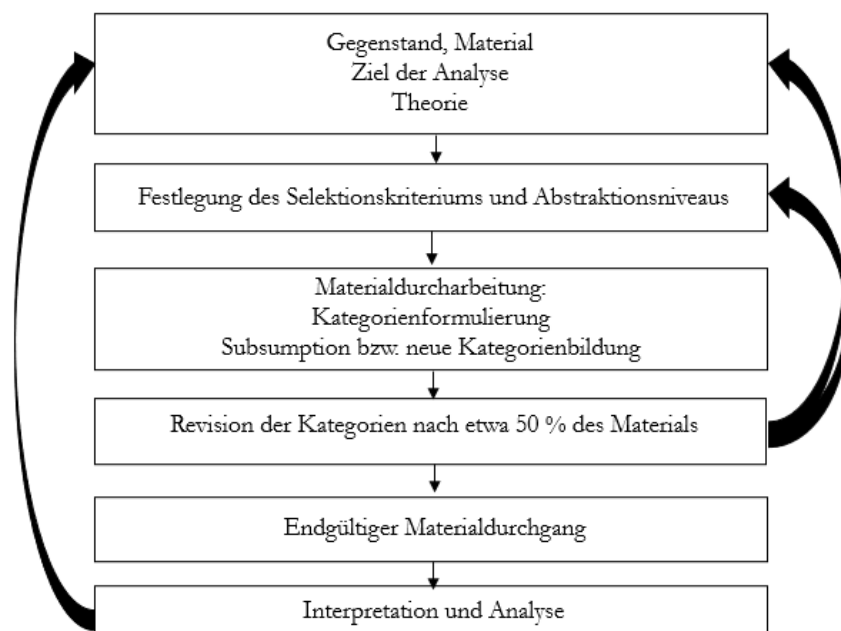


Abbildung 16: Prozessmodell induktiver Kategorienbildung (in Anlehnung an Mayring, 2015b, S. 86).

Für diese Untersuchung sind die von den Studierenden verwendeten Quellen in der Beantwortung der Fragebögen Gegenstand und die Fragebögen sind das Material der Analyse. Das verfolgte Ziel ist die Beantwortung der Untersuchungsfrage 1.4, die da lautet: Welche Informationsquellen werden zur Beantwortung der Fragen aus dem Fragebogen von den Chemielehramtsstudierenden herangezogen? Mit der Analyse wird untersucht, ob sich bei der Verwendung der Quellen Änderungen im Seminarverlauf ergeben haben, woraus Rückschlüsse auf die vorhandenen Kompetenzen in Bezug auf ein wissenschaftsgerechtes Denken unter Berücksichtigung von NoS-Aspekten insbesondere im Umgang mit Medien gezogen werden sollen. Daran schließt sich die Bestimmung des Selektionskriteriums an. Für diese Untersuchungsfrage ist das Selektionskriterium „verwendete In-

formationsquellen zur Beantwortung des Fragebogens“ wie folgt definiert: Verwendete Informationsquellen zur Beantwortung des Fragebogens sind Medien verschiedener Art, die zur Gewinnung von Wissensinhalten genutzt werden können. Zusätzlich muss das Abstraktionsniveau vorab festgelegt werden (Mayring, 2015b). Für die Analyse des Quellenitems in den Fragebögen wurde dazu das mittlere Abstraktionsniveau festgelegt. Im Vergleich zu einem schwachen bzw. einem starken Abstraktionsniveau lässt das für diese Studie und ihre mittleren Datenmengen ausreichend Spielraum. Dem folgt ein erster Materialdurchgang mit der Kategorienformulierung gefolgt von einer Subsumption bzw. neuer Kategorienbildung. Sobald 50% des Materials kodiert wurden, werden die Kategorien einer Revision am Material unterzogen. Bei Bedarf werden die ersten beiden Schritte an dieser Stelle wiederholt. Halten die gebildeten Kategorien der Revision stand, schließt sich der endgültige Materialdurchlauf mit darauffolgender Interpretation und Analyse an.

Die anhand der Antworten der Fragebögen aus der Teilstudie Mikroplastik 1 gebildeten Kategorien wurden in einem Kategoriensystem abgebildet und als deduktives Kategoriensystem mit der Option auf Erweiterung bei Bedarf an die Antworten der Teilstudien 2 und 3 angelegt. Erweiterungen haben sich hier in Bezug auf die Kategorien nicht ergeben, da die Kategorien abstrakt genug waren, um verschiedene Informationsquellen ohne Probleme zuzuordnen. Im ersten Materialdurchlauf wurden zunächst gemäß dem Ablaufmodell von Mayring (2015b) die Antworten abstrahiert und in Kategorien zusammengefasst. Auf diese Weise konnten folgende sieben Kategorien gewonnen werden: *Massenmedien*, *populärwissenschaftliche Quellen*, *Institutionen (öffentlich, staatlich oder nichtstaatlich)*, *Vorwissen*, *Seminarimpact*, *wissenschaftliche Quellen* sowie *keine bzw. nicht ausreichende Quellenangabe*. Da es sich hier um eine induktive Kategorienbildung handelt, werden die gewonnenen Kategorien im Rahmen der Ergebnisdarstellung in Kapitel 5.5 ausführlich vorgestellt. Die Kategorien werden an dieser Stelle deshalb nur überblicksartig zusammengefasst. Gleichwohl bleibt diese Differenzierung eine analytische, die durch die verwendeten Definitionen entsteht.

Die Kategorie *Massenmedien* umfasst Kodierungen, welche Medien nennen, die für eine breite Masse an Rezipienten zugänglich sind, wie Zeitungsartikel. Im Vergleich dazu umfasst die Kategorie der *populärwissenschaftlichen Quellen* jene Medien, die das Ziel verfolgen, die Erkenntnisse der Experten aus der Wissenschaft den Laien zu vermitteln, dies kann z. B. die Sendung und Webseite der Sendung Quarks & Co sein. In der Kategorie der *Institutionen* wurden öffentliche, staatliche und nichtstaatliche Institutionen zusammengefasst. Dies umfasst Medien, welche ebenfalls das Ziel der Aufklärung verfolgen, mit dem Unterschied, dass diese zu verbreitenden Informationen zwar ihren jeweiligen Expertenbereich betreffen, es sich bei den Betreiber*innen jedoch nicht um Wissen-

schaftler*innen handelt, wie bspw. das Umweltbundesamt. Die Kategorie des *Vorwissens* selbst bedarf keiner näheren Erläuterung. Es handelt sich deshalb um eine Kategorie, weil sie verschiedene Formen des Vorwissens zusammenfasst, wie das Vorwissen aus der Schulzeit in Abgrenzung zum Vorwissen aus dem Studium. Alle Bezüge in den Antworten auf die im Seminar vermittelten Inhalte werden von der Kategorie *Seminarimpact* abgebildet. Die Kategorie *wissenschaftliche Quellen* erfasst wissenschaftliche Publikationen. Darunter fallen jene Medien, die das Ziel verfolgen, die wissenschaftliche Gemeinschaft über Forschungsprozesse und -ergebnisse in Kenntnis zu setzen. In der Kategorie *keine bzw. nicht ausreichende Quellenangabe* werden Aussagen zusammengefasst, die entweder keine Quellen angegeben haben oder deren Quellenangabe derart unvollständig waren, dass eine korrekte Kategorienbildung nicht möglich war.

4.4.3 Skalierende Strukturierung zur Analyse der entwickelten Lernarrangements

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden die erstellten Lernarrangements mit einem deduktiv entwickelten und an der Arbeitsdefinition für Lernarrangements (vgl. Kapitel 2.3.4) angelehnten Kategoriensystem im Zuge der qualitativen Inhaltsanalyse mit einer *skalierenden Strukturierung* nach Mayring (2015b) analysiert. Abbildung 17 illustriert das Vorgehen zur Analyse der Lernarrangements durch das Ablaufmodell der skalierenden Strukturierung in Anlehnung an Mayring (2015b, S. 107). Durch die konkreten Vorgaben zu dem Ablauf der qualitativen Inhaltsanalyse

wird sie für andere nachvollziehbar und intersubjektiv überprüfbar, dadurch wird sie übertragbar auf andere Gegenstände, für andere benutzbar, wird sie zur wissenschaftlichen Methode (Mayring, 2015b, S. 61).

Ziel dieser Auswertungsmethode ist, Texte mit Hilfe einer *Ordinalskala* einzuschätzen (Mayring, 2015b). Dies eignet sich besonders zur Einschätzung der Qualität und der Komplexität der von den Chemielehramtsstudierenden konzipierten Lernarrangements, da durch diese Auswertungsmethode jene kategorial eingeordnet und unter Berücksichtigung *unterschiedlicher Qualitätsstufen* bewertet werden können. Bei diesem Kategoriensystem ist sich für eine vierstufige Skalierung entschieden worden, die hier als *Niveau 0 bis 3* bezeichnet werden und die jeweils aufeinander aufbauend und theoriegeleitet unter Beachtung der in Kapitel 2 diskutierten theoretischen Grundlegungen formuliert worden sind. Niveau 0 bezeichnet jeweils fehlerhafte oder unvollständige bzw. unterkomplexe Ausprägungen. In Bezug auf die Kategorie zur *Analyse des fachlichen Hintergrundes* führt die Kodierung von Niveau 0 dazu, dass keine weiteren Kodierungen in dieser Einschätzungsdimension

in den anderen Niveaus erfolgen können. Dies begründet sich dadurch, dass keine fachlichen Fehler toleriert werden, da die Chemielehramtsstudierenden als zukünftige Chemielehrer*innen die Verantwortung für die Vermittlung eines fundierten Fachwissens haben. Ebenso liefert Klafki (1975a; ebd., 1996a) mit seiner bildungstheoretischen Didaktik Begründungen dafür, dass *der Vermittlungsgegenstand im Zentrum des didaktischen Transformationsprozess* zu stehen hat.

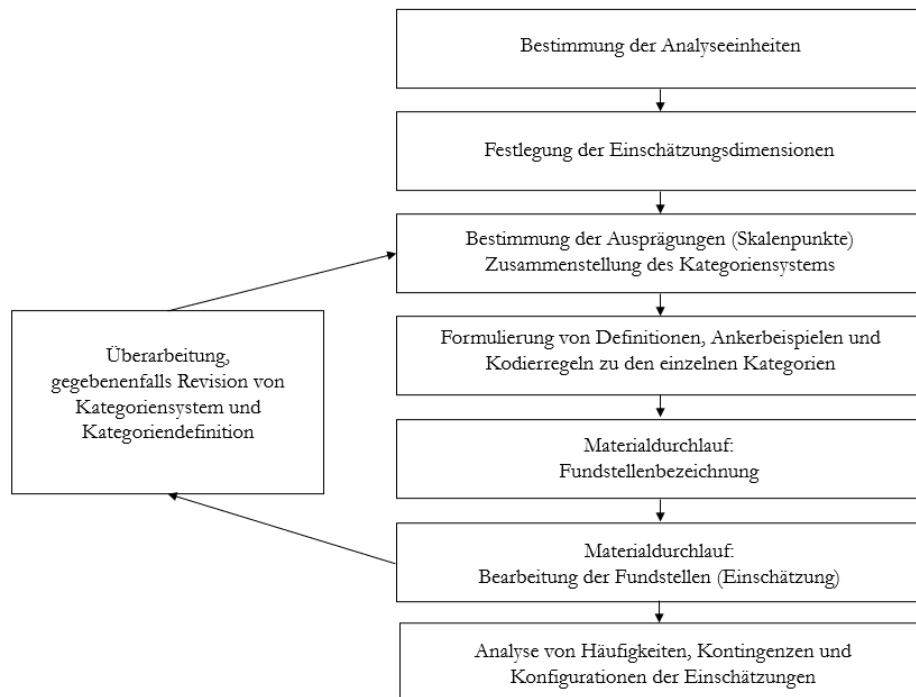


Abbildung 17: Ablaufmodell der skalierenden Strukturierung (in Anlehnung an Mayring, 2015b, S. 107).

Das Kategoriensystem ist in die folgenden *fünf Einschätzungsdimensionen* unterteilt: *Ziele, Analyse des fachlichen Hintergrundes, fachdidaktisch-methodische Entscheidungen, Quellenarten im Vermittlungsprozess und handlungsorientierte Arbeitsaufträge*. Die Einschätzungsdimensionen „bezeichnen die Aspekte, auf die hin das Material skaliert werden soll“ (Mayring, 2015b, S. 108) und jene müssen sich in den Texten überhaupt wiederfinden lassen, was durch die in Kapitel 4.2.2 vorgestellten Vorgaben für die Lernarrangements gewährleistet ist. Vor der Vorstellung der Kodier-, Kontext- und Auswertungseinheiten gilt es die Einschätzungsdimensionen zu definieren. Dies ist mit Blick auf die theoretische Reflexion in Kapitel 2 erfolgt und auch an anderer Stelle diskutiert worden (Anton & Reiners, 2023; Anton & Reiners, 2024).

Für alle fünf Einschätzungsdimensionen wurde als Kodiereinheit klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte) gewählt. Trotz der Vorgaben für die Modulabschlussprüfung und der Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 4.2.2) ist es möglich, dass die passenden und kodierbaren Aussagen zu den Zielen, zur Analyse des fachlichen Hintergrundes sowie für die fachdidaktisch-methodischen

Entscheidungen nicht in den dafür vorgesehenen Kapiteln formuliert wurden, sodass als Kontexteinheit, anstelle der jeweiligen Kapitel, Textpassagen mit Aussagen zu den entsprechenden Einschätzungsdimensionen einer Person gewählt wurde. Zur Untersuchung sowohl der Quellenarten im Vermittlungsprozess als auch der handlungsorientierten Arbeitsaufträge wurde als Kontexteinheit das Material für die Lernenden eines Lernarrangements einer Person gewählt. Für die handlungsorientierten Arbeitsaufträgen wurde die Kontexteinheit noch um den entsprechenden Verlaufsplan ergänzt. Die Auswertungseinheiten sind die jeweiligen Kontexteinheiten bezogen auf alle Ausarbeitungen der jeweiligen Teilstudie. Die folgende Tabelle 25 zeigt die Definitionen der Einschätzungsdimensionen:

Tabelle 25: Definitionen der Einschätzungsdimensionen für das Kategoriensystem zur Analyse der Lernarrangements.

Ziele: Ziele enthalten sowohl eine Inhalts-, als auch eine Verhaltenskomponente und dienen im Unterricht der Anbahnung von Kompetenzen, wodurch sich eine Handlungskomponente ergibt.
Analyse des fachlichen Hintergrundes: Das Thema des Lernarrangements wird mit Blick auf die entsprechende gesellschaftliche Herausforderung, die im Bildungskontext als Socioscientific Issue (SSI) bezeichnet wird, und die angestrebten Ziele über eine differenzierte und vertiefende Auseinandersetzung mit den fachlichen Grundlagen und Zusammenhängen literaturbasiert analysiert.
Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen: Es erfolgt eine begründete und konkrete Erläuterung des gestalteten Lernarrangements passend zu den angestrebten Zielen unter Beachtung zentraler fachdidaktischer Transformationselemente.
Quellenarten im Vermittlungsprozess: Hier werden die verwendeten Quellenarten in den Materialien für die Lernenden analysiert.
Handlungsorientierte Arbeitsaufträge: Handlungsorientierte Arbeitsaufträge sind Anweisungen an die Lernenden, ihr erworbenes Wissen in Bezug zum jeweiligen SSI konkret handelnd in Aktivitäten anzuwenden.

Anders als bei den Kategoriensystemen zum chemischen Wissen (vgl. Kap. 4.4.1) bspw. werden die Aussagen nicht danach analysiert, ob sie Kategorien erfüllen oder nicht. Stattdessen wurden die Einschätzungsdimensionen in vier verschiedene Niveaus eingeteilt und die Aussagen werden in diese Niveaus eingeordnet. Die Komplexität steigt dabei von Niveau 0 zunehmend bis hin zu Niveau 3. Dies erlaubt in der späteren Ergebnisdarstellung und -diskussion konkretere Einschätzungen der erstellten Lernarrangements. Die Kodierung wird dabei als Ausprägung bezeichnet. Tabelle 26 zeigt am Beispiel der Ziele, wie das Kategoriensystem zu den Lernarrangements, welches sich im Anhang befindet, aufgebaut ist. Die Einschätzungsdimensionen und ihre Niveaufinitionen unterscheiden sich in Bezug auf die Teilstudien nicht, nur die Kodierregeln der Einschätzungsdimension Analyse des fachlichen Hintergrundes sind SSI spezifisch jeweils angepasst worden. Die verschiedenen Niveaus der Einschätzungsdimension Ziele sind unter besonderer Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Kapitel 2.3.2 konzipiert worden. Enthalten die formulierten *Ziele* im Lernarrangement keine gegenseitig bezüglichen Inhalts- und Verhaltenskomponenten, wird in der Einschätzungsdimension Ziele die Ausprägung Niveau 0 kodiert. Aussagen werden unter anderem dann mit Niveau 0 in Ziele kodiert, wenn nicht benannt wird, durch welche Aktivität die Lernenden

ein konkretes Ziel erreichen oder es wird nicht benannt, welches Ziel mit einer konkreten Aktivität erreicht werden soll. Diese Ausprägung wird auch dann kodiert, wenn eine reine Aufzählung der Zielperspektiven erfolgt.

Tabelle 26: Auszug aus dem Kategoriensystem zur skalierenden Strukturierung zur Analyse der Lernarrangements der Teilstudie 1 an der Niveaus 0 und 1 der Einschätzungsdimension Ziele.

Einschätzungsdimension	Ausprägung	Definition	Kodierregel
Ziele	Niveau 0	Die formulierten Ziele enthalten keine gegenseitig bezüglichen Inhalts- und Verhaltenskomponenten.	Es wird nicht benannt, durch welche Aktivität die Lernenden ein konkretes Ziel erreichen oder es wird nicht benannt, welches Ziel mit einer konkreten Aktivität erreicht werden soll. Es findet eine reine Aufzählung von Zielperspektiven statt.
	Niveau 1	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten .	Es wird benannt, dass die Lernenden durch eine bestimmte Aktivität (wie bspw. durch Experimentieren) ein konkretes Ziel erreichen sollen. Die Ziele können auch implizit formuliert sein.

Sobald die formulierten Ziele eine gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten enthalten, dies kann auch implizit erfolgen, wird die Ausprägung Niveau 1 in der Einschätzungsdimension Ziele kodiert. Sobald diese Ziele eine solche gegenseitig bezügliche *Inhalts- und Verhaltenskomponente* haben und darüber hinaus mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter *curricularen Bezügen* begründet werden, wird die Ausprägung Niveau 2 kodiert. Dazu muss jedoch Niveau 1 vergeben worden sein und es muss deutlich werden, dass ein übergeordnetes Ziel dazu beiträgt, im Kernlehrplan oder Ähnliches aufgeführte Kompetenzen anzubahnen. Wenn zusätzlich noch die Bedeutung des Ziels für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung erläutert wurde, wird die Ausprägung Niveau 3 kodiert. Auch dazu muss vorab das Niveau 2 im Lernarrangement vergeben worden sein.

In der Einschätzungsdimension zur *Analyse des fachlichen Hintergrundes* wird Niveau 0 kodiert, wenn innerhalb der Analyse des fachlichen Hintergrundes gravierende fachliche Fehler vorliegen. Ist diese Ausprägung kodiert worden, können trotz etwaiger Kodierungen keine höheren Niveaus erreicht werden. Niveau 1 wird dann kodiert, wenn bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes chemisches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen wird. In den Kategoriensystemen wird hier in den Kodierregeln je nach SSI Näheres erläutert. Für Mikroplastik wird in den Kodierregeln zu Niveau 1 festgehalten, dass dazu bspw. die Eigenschaften von Kunststoffen, die Zersetzung von Kunststoffen zu Mikroplastik, die Entstehung, die Herkünfte und die Verbreitung von Mikroplastik gezählt werden. Da das *chemische Wissen* für die Chemielehramtsstudierenden zum einen aufgrund des Fachs leicht zugänglich ist, befindet sich dieses auf Niveau 1. Zum anderen ist es auch zentrales Fachwissen für Chemielehramtsstudierende zur Partizipation in Entscheidungsprozessen zu einem SSI, sodass es die Basis für die Kodierung weiterer Ausprägungen bezüglich der Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes bildet. Niveau 2

kann demnach nur dann vergeben werden, wenn Niveau 1 kodiert worden ist. Niveau 2 zieht in die Analyse des fachlichen Hintergrundes neben dem chemischen Wissen auch *interdisziplinär naturwissenschaftliches Wissen* mit Blick auf das entsprechende SSI ein. Für Mikroplastik wurde in den Kodierregeln ergänzt, dass dazu Aussagen zur Definition, Fragen der Partikelgröße, zu möglichen Auswirkungen für Menschen, Tiere und Umwelt sowie Aussagen zu Mikroplastik in Abwässern und Kläranlagen gehören. Ebenso gehören zu dieser Einschätzungsdimension Aussagen zu quantifizierten Mikroplastikemissionen und zu Grenzwerten zu Mikroplastik, welche beide auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen. Erst wenn dieses Wissen in *gesellschaftliche Kontexte* eingebettet wird, werden Aussagen mit Niveau 3 kodiert. Auch dazu muss zunächst Niveau 2 vergeben worden sein. Für Mikroplastik können das laut Kodierregeln unter anderem Bestrebungen zur Reduzierung der Kunststoffmenge, Recycling, der Verbrauch von Kunststoffen allgemein oder Mengenangaben von Gesellschaften umfassen. Die Bestrebungen können dabei politischer Natur sein und Gesetze zur Folge haben. Auch Perspektiven zu Handlungsweisen von Verbraucher*innen gehören hierzu. Diese Kategorie besitzt diese Stufung, da chemisches Wissen die Grundlage für Vermittlungsprozesse im Chemieunterricht darstellt (vgl. KMK, 2005; KMK, 2020; KMK, 2024). Zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI ist, wenn die Arbeitsdefinition von SSI (vgl. Kap. 2.1.4) ernst genommen wird, über das chemische Wissen hinausgehendes naturwissenschaftliches Wissen aufgrund der fachlichen Nähe relevant, doch zur Einschätzung der mit dem jeweiligen SSI einhergehenden gesellschaftlichen Herausforderungen ist ein Wissen über jene notwendig. Aufgrund dessen, dass Proband*innen der Teilstudien Chemielehramtsstudierende sind, ist diese Stufung des verschiedenen Wissensdomänen aufgrund der fachlichen Nähe vorgenommen worden.

Erfolgen die *fachdidaktischen-methodischen Entscheidungen* unbegründet und bzw. oder unpassend zum Ziel, wird für diese Einschätzungsdimension die Ausprägung Niveau 0 kodiert. Dabei kann es sein, dass diese Entscheidungen entweder unpassend zum Ziel sind und dabei unbegründet bleiben oder begründet werden, aber unpassend zum Ziel sind oder auch unbegründet sind, aber zum Ziel passend. Bspw. könnte das Ziel sein, einen Gegenstand aus verschiedenen Perspektiven zu beurteilen, doch wird als Material den Lernenden ein chemischer Fachtext, der nur die chemische Sichtweise darstellt, bereitgestellt, aus dem diese herausgearbeitet werden sollen. Wie sich an diesem Beispiel zeigt, ist die Materialauswahl im Rahmen der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen unpassend zum Ziel. Sind die fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen sowohl begründet worden als auch passend zum Ziel, wird Niveau 1 kodiert. In diesen Aussagen werden die fachdidaktischen und methodischen Entscheidungen erläutert, sodass deutlich wird, weshalb das Lernarrangement entsprechend gestaltet worden ist. Dabei wird deren Sinnhaftigkeit und Passung in Bezug

auf die Zielperspektive deutlich, dies ist auch implizit möglich. Werden die fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen literaturbasiert begründet und sind passend zum Ziel, wird das Niveau 2 vergeben. Dazu muss vorab im Lernarrangement das Niveau 1 kodiert worden sein. Zur Literaturbasierten Begründung zählen bspw. Curricula neben allgemein- und fachdidaktischen sowie erziehungswissenschaftlichen Publikationen, aber auch in der Sache fachwissenschaftlich interdisziplinär relevante Publikationen. Wird dabei die Bedeutung des Inhalts für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung reflektiert, wird Niveau 3 vergeben. Auch dazu muss zunächst die Ausprägung Niveau 2 kodiert worden sein. Dies schließt die Reflexion von Bedeutungen und Relevanz des Inhalts im Hinblick auf Gegenwart und Zukunft, sowie auf Exemplarität ein und ist auch implizit möglich. Wie in Kapitel 4.2.2 erläutert worden ist, wird von didaktisch-methodischen Entscheidungen gesprochen, um auch begrifflich darauf hinzuweisen, dass fachdidaktische Entscheidungen mehr als nur Methoden sind. Methoden sind für die Organisation der Lehr-Lern-Prozessstruktur notwendig und mit den anderen fachdidaktischen Entscheidungen abzustimmen. Mit einer rein bildungstheoretischen Brille betrachtet, mag es nur didaktische Entscheidungen geben, da sie auch methodische Entscheidungen per se einschließen, doch legt diese Einschätzungsdimension mit ihren Niveaus einen Schwerpunkt darauf, Passung und Begründung von fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen im Hinblick auf das Ziel des jeweiligen Vermittlungsprozesses zu analysieren. Damit wird der Bildungsbeitrag und seine Begründungszusammenhänge pragmatisch mit der konkreten Zugänglichkeit des Gegenstandes und der Lehr-Lern-Prozessstruktur schon durch die Benennung der Einschätzungsdimension definitorisch verbunden.

Für die Einschätzungsdimension der *Quellenarten im Vermittlungsprozess* ergeben sich Änderungen im Vergleich zu den vorhergehenden Einschätzungsdimensionen. Es müssen für die beiden letzten Niveaustufen 2 und 3 nicht die jeweils darunter liegenden Niveaus vergeben worden sein, um kodiert zu werden. Dabei wird Niveau 0 dann kodiert, wenn die für die Lernenden erstellen Arbeitsmaterialien keine Quellenangaben erhalten. Werden populärwissenschaftliche Quellen und Erzeugnisse aus der Lebenswelt, wie Internetquellen oder Zeitungsartikel, im Vermittlungsprozess verwendet, kann die Ausprägung Niveau 1 vergeben werden. Die Verwendung von Bildungsmaterialien im Vermittlungsprozess führt zu einer Kodierung des Niveaus 2. Bildungsmaterialien zeichnen sich durch die Gestaltung von Expert*innen mit dem Zweck der Vermittlung von Bildung aus und sind nach dem Prinzip der Praxisorientierung gestaltet. Dazu gehören: Praxisnahe Publikationen, wie Schul- und Handbücher, und Zeitschriften für Lehrer*innen, wie Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Internetseiten mit Bildungsmaterialien von anerkannten Bildungsträgern oder Lehrer*innen sowie wissenschafts-journalistische Formate, in denen Wissen durch wissenschaftliche Expert*innen an wissenschaftliche Laien kommuniziert wird, etwa Quarks, die Sendung mit

der Maus oder TerraX. Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien Verweise auf wissenschaftliche Quellen enthalten, wird die Ausprägung Niveau 3 vergeben. Als wissenschaftliche Quellen gelten in diesem Kontext schriftliche wissenschaftliche Arbeiten, die von Wissenschaftler*innen mit dem Zweck des wissenschaftlichen Fortschritts verfasst worden sind. Sie sind bei einem Wissenschaftsverlag, einer wissenschaftlichen Gesellschaft oder einem wissenschaftlichen (Forschungs-)Institut publiziert worden. Dies schließt auch Gutachten und Publikationen von Organisationen, etwa den Vereinten Nationen oder der Europäischen Union, (zwischenstaatlichen) Ausschüssen, etwa dem IPCC, oder staatlichen Behörden, etwa dem Umweltbundesamt, ein, die wissenschaftlich geprägt sind. Diese Kategorie ist gerade deshalb bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit SSI relevant, da SSI Gegenstand der Medienberichterstattung sind und sowohl in formellen als auch in informellen Medienkanälen thematisiert werden, sodass Lernende ständig herausgefordert sind, deren Glaubwürdigkeit und Informationsnutzen zu beurteilen (Klosterman et al., 2012). Wenn die Chemielehramtsstudierenden in ihren Materialien für die Lernenden durchweg transparente Quellenangaben machen, erleichtern sie ihren Lernenden den Umgang mit Medien, denn sie werden im Vermittlungsprozess anhand realer Quellen angeleitet, Medienbotschaften bewusst im Hinblick auf ihre Aussagekraft und Begründungsstruktur zu analysieren (Höttecke & Allchin, 2020). Durch die Nutzung von Quellen verschiedenster Güte und deren Herkunft eröffnen sich für die Lernenden neue Möglichkeiten zum Erwerb von Kompetenzen zum Umgang mit Medien zu gegenwärtigen SSI im Hinblick auf die Einschätzung des Verlässlichkeitsgehalts von Aussagen (Bromme & Kienhues, 2012; Bromme, 2020).

Wünschenswert für die von den Chemielehramtsstudierenden erstellten Lernarrangements wäre hier im Rekurs auf die theoretischen Grundlegungen, dass die Materialien im Vermittlungsprozess alle Quellenarten enthalten, damit die Lernenden die verschiedenen Implikationen und Charakteristika der verschiedenen Quellenarten im Chemieunterricht exemplarisch analysieren und reflektieren können. Diese Einschätzungsdimension zu den verschiedenen Quellenarten skaliert diese und gewichtet wissenschaftliche Quellen aus Gründen der Fachlichkeit und Wissenschaftspropädeutik unter besonderer Berücksichtigung von Studierfähigkeit und Berufsorientierung am höchsten (MSWF NRW, 2014; MSB NRW, 2019; MSB NRW, 2022). Hier skaliert diese Einschätzungsdimension verschiedene Quellenarten um Rückschlüsse auf die Kompetenzen der Konstrukteur*innen der jeweiligen Vermittlungsprozesse ziehen zu können, während die Analyse der verwendeten Informationsquellen (vgl. Kap. 4.4.2) unskaliert die verschiedenen verwendeten Quellenarten erhebt, um den Einfluss der Intervention auf die Verwendung der unterschiedlichen Quellenarten zu untersuchen.

Im Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung (OECD, 1999) ist die Befähigung zur Partizipation in Form von konkretem Handeln aufgrund erworbenen fachlichen Wissens angelegt und über die Thematisierung von SSI können Lernende befähigt werden, in Bezug auf reale gesellschaftliche Probleme aktiv zu werden, was konkret durch *handlungsorientierte Arbeitsaufträge* gelingen kann (Anton & Reiners, 2023; Anton & Reiners, 2024). Diese Einschätzungsdimension orientiert sich am ICAP-Modell (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014; Chi et al., 2017) und da es hier um konkrete Anforderungssituationen für Lernende geht, sind hier besonders die Reflexionen aus Kapitel 2.3.3 relevant. Auch hier müssen für die Niveaus 2 und 3 nicht die vorherigen Niveaus kodiert worden sein. Die Ausprägung Niveau 0 wird kodiert, wenn es keine handlungsorientierten Arbeitsaufträge gibt, die von den Lernenden ein Handeln bezüglich SSI einfordern. In den Arbeitsaufträgen stehen dann eher grundlegende fachliche Aspekte, die reproduktiver Natur sind, im Vordergrund, es geht nicht um die argumentativen Aspekte und SSI-Aspekte werden nicht thematisiert. Niveau 1 wird dann vergeben, wenn die Lernenden in den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen überwiegend passiv verbleiben. Lernende verbleiben dann überwiegend passiv, wenn bspw. eine Diskussion nur beobachtet wird oder etwas aus einem Text herausgeschrieben wird bzw. eine Auseinandersetzung mit einem SSI-Aspekt in Eigenarbeit und ohne ein sich selbst in Bezug setzen erfolgt. In den Kodierregeln wird dazu ergänzt, dass es sich um eine Auseinandersetzung mit Problem(en), Argument(en), Sichtweisen oder Positionen unter SSI-Bezug handeln muss. Eine reine Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Hintergründen in deklarativer Form reicht nicht aus. Um jedoch nicht mit Niveau 2 in Konflikt zu geraten, können über Niveau nur überwiegend passive Handlungsweisen kodiert werden.

Denn Niveau 2 wird dann kodiert, wenn die Lernenden in den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI in Eigenarbeit aktiv werden und sich selbst in Bezug setzen, dergestalt, als dass sie bspw. eine Stellungnahme zu einem SSI-Aspekt verfassen. Dabei findet eine wahrnehmbare Handlung als aktive (mündliche, schriftliche oder örtliche) Positionierung statt, jedoch nicht im Diskurs mit Anderen. Werden die Lernenden im Diskurs mit Anderen unter SSI-Bezug aktiv und setzen sich mit den Positionen Anderer vor dem Hintergrund der eigenen Position aktiv auseinander, wird Niveau 3 kodiert. Da es sich bei den in den Curricula formulierten Kompetenzen um Endkompetenzen handelt und somit auch naturwissenschaftliche Grundbildung und Partizipation Endziele sind, muss die aktive Auseinandersetzung im Diskurs mit Anderen zur Anbahnung dieser Kompetenzen nicht direkt auf Endniveaustufe angelegt sein. Zur ersten Anbahnung entsprechender Kompetenzen bei den Lernenden können auch Diskurse mit Anderen dazu geführt werden, in welcher Reihenfolge die Argumente geführt werden. Auch solche Arbeitsaufträge leis-

ten einen zentralen Beitrag zur Handlungsorientierung bei den Lernenden und fördern Kompetenzen für eine Aktivität im Diskurs mit Anderen. Die höchste Niveaustufe ist derart definiert, dass hier partizipatives Handeln stattfinden muss – dies würdigt die theoretischen Reflexionen zur Verwirklichung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung und setzt sie forschungspraktisch um (vgl. Kap. 2.2).

Um die Aussagekraft des Kodierleitfadens für die skalierende Strukturierung der Lernarrangements zu untersuchen, wurden die Daten durch die beiden schon in Kapitel 4.4.1 benannten Interkoder interkodiert. Die Lernarrangements von Teilstudie 1 sind von Interkoder 1 interkodiert worden, während die Lernarrangements der Teilstudien 3 und 4 durch Interkoder 2 interkodiert worden sind. Im Anschluss an die Interkodierprozesse sind simultan die Summen der Übereinstimmungen, die prozentualen Übereinstimmungen nach Holsti (Holsti, 1969; Döring & Bortz, 2016, S. 567) und Cohens Kappa Koeffizienten (Cohen, 1960; Brennan & Prediger, 1981; Döring & Bortz, 2016, S. 568) für die Teilstudien jeweils für die Einschätzungsdimensionen des Kodierleitfadens insgesamt sowie auch in jeder Teilstudie für jede Einschätzungsdimension einzeln gebildet worden. Zur Visualisierung sind Übersichtstabellen mit den Ergebnissen der Interkodierprozesse erstellt worden.

Tabelle 27: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierprozesse der Lernarrangements aus Teilstudie 1.

	Teilstudie 1 (MP) gesamt	Ziele	Analyse des fachlichen Hintergrundes	Fachdidak- tisch-methodi- sche Entschei- dungen	Quellenarten im Vermitt- lungsprozess	Handlungsori- entierete Ar- beitsaufträge
Anzahl der Kodiereinheiten ins- gesamt	382	63	84	128	40	67
Anzahl der überein- stimmenden Kodiereinheiten	343	55	78	113	39	58
Anzahl der nicht übereinstimmenden Kodiereinheiten	39	8	6	15	1	9
Prozentuale Überein- stimmung nach Holsti (p)	0,8791	0,87302	0,92857	0,88281	0,975	0,86567
Zufallsübereinstim- mung (pe)	0,08026	0,33812	0,33659	0,37738	0,39875	0,25618
Übereinstimmung nach Cohens- Kappa (κ)	0,889	0,80815	0,89233	0,81178	0,95842	0,81941
Einschätzung der Überstimmung nach Landis & Koch (1977)	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	Beachtliche (substantial) Übereinstim- mung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung

Zur Interkodierung der Lernarrangements der Teilstudie 1 zum SSI Mikroplastik wurden acht der vierzehn (ca. 57 %) Datensätze herangezogen. Dabei wurde darauf geachtet, dass alle Lehramtsstudiengänge berücksichtigt wurden, um bei der Interkodierung die Diversität der Chemielehramtsstudiengänge und um lehramtsbezogene Spezifika abzubilden. Gerade aufgrund des Gegenstandes

der Datenauswertung und des komplexen Auswertungsverfahrens mit den abgeleiteten Kategorien wurde ein großer Anteil des Datensatzes zur Absicherung interkodierte. Der Cohens-Kappa-Wert des Kategoriensystems für alle Einschätzungsdimensionen dieser Teilstudie liegt mit $\kappa = 0,889$ nach Landis und Koch (1977, S. 165) im Bereich (fast) vollkommener (almost perfect) Übereinstimmung. Es haben sich in der Summe 39 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier wurde in zwölf Mal eine Kodiereinheit nur von einem der beiden Kodierenden zugeordnet. Im Verhältnis haben sich in der Einschätzungsdimension zu den fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 15) ergeben, gefolgt von der Einschätzungsdimension zu den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen (i. Z.: 9), gefolgt von der Einschätzungsdimension Ziele (i. Z.: 8), gefolgt von der Einschätzungsdimension Analyse des fachlichen Hintergrundes (i. Z.: 6) und die wenigsten Abweichungen gab es in der Einschätzungsdimension zu den Quellenarten im Vermittlungsprozess (i. Z.: 1).

Auffällig sind die hohen Werte in den Übereinstimmungen der Einschätzungsdimension zu Quellenarten im Vermittlungsprozess mit nur einer nicht übereinstimmenden Kodiereinheit. Dies lässt sich jedoch inhaltlich damit begründen, dass die Quellenarten durch ihre Kategoriendefinitionen und Kodierregeln in den Kodierleitfäden stark eingegrenzt und operationalisiert worden sind. Diese Operationalisierung ist dabei von analytischem Wert, um die verschiedenen Niveaus voneinander zu differenzieren. Die Quellenarten als Gegenstand selbst bleiben potenziell unscharf und werden nur durch die deduktiv gesetzten Kodiervorgaben unter einhergehenden Bedingungen eindeutig einordbar. Die in dieser Einschätzungsdimension entstandene Abweichung zwischen den beiden Kodierenden begründet sich dadurch, dass eine Quellenangabe von Interkoder 1 nicht kodiert worden ist – hier kann davon ausgegangen werden, dass diese übersehen worden ist. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten ein Konsens erzielt werden. Das folgende Zitat wurde vom Forschenden in Niveau 3 der Einschätzungsdimension zu fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen eingeordnet, die dann kodiert wird, wenn thematisiert wird, die fachdidaktisch-methodische Entscheidung im Hinblick auf ihren Beitrag zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung reflektiert wird und auch die anderen Niveaus im Lernarrangement kodiert worden sind:

In der vorgestellten Unterrichtssequenz sollen die Lernenden in die Lage versetzt werden, ein Experiment zu planen, um den Anteil an Mikroplastik einer Peelingprobe zu bestimmen und hieraus die Grenzwertproblematik zu verstehen sowie Handlungsoptionen für das eigene Verhalten zu formulieren (SPGE2_MP1_La).

In der Kodierkonferenz konnte gegenüber Interkoder 1 die Kodierung begründet werden. Interkoder 1 argumentierte, dass diese Kodiereinheit nur Niveau 1 zuzuordnen sei, da der Literaturbezug fehle und der Beitrag zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung als solcher nicht explizit herausgestellt werde. In der Diskussion konnte klargestellt werden, dass die Kodierregel zu Niveau 3 dieser Einschätzungsdimension regelt, dass hier kodiert werden kann, wenn an anderer Stelle des Dokuments Niveau 1 und 2 kodiert worden sind, zudem ist der Kodierregel durch einen impliziten Bezug genüge getan. In diesem Fall liegt der Beitrag der naturwissenschaftlichen Grundbildung in der Anwendung des erlernten chemischen Wissens zu Mikroplastik darin, derart kompetent zu sein, um emanzipiert und orientiert in Entscheidungssituationen aus der Lebenswelt handeln zu können.

Tabelle 28: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierprozesse der Lernarrangements aus Teilstudie 3.

	Teilstudie 3 (MP2) gesamt	Ziele	Analyse des fachlichen Hintergrundes	Fachdidak- tisch-methodi- sche Entschei- dungen	Quellenarten im Vermitt- lungsprozess	Handlungsori- entierete Ar- beitsaufträge
Anzahl der Kodiereinheiten ins- gesamt	457	92	80	107	92	86
Anzahl der überein- stimmenden Kodiereinheiten	412	82	72	93	91	74
Anzahl der nicht übereinstimmenden Kodiereinheiten	45	10	8	14	1	12
Prozentuale Überein- stimmung nach Holsti (p)	0,90153	0,8913	0,9	0,86916	0,98913	0,86047
Zufallsübereinstim- mung (pe)	0,07192	0,37181	0,41828	0,32964	0,40702	0,26731
Übereinstimmung nach Cohens- Kappa (κ)	0,8939	0,82697	0,8281	0,80482	0,98167	0,80956
Einschätzung der Überstimmung nach Landis & Koch (1977)	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	Beachtliche (substantial) Übereinstim- mung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	Beachtliche (substantial) Übereinstim- mung

Zur Interkodierung der Lernarrangements der Teilstudie 3 zum SSI Mikroplastik wurden sechs der 23 (ca. 26 %) Datensätze herangezogen, dabei wurde darauf geachtet, dass alle Lehramtsstudiengänge berücksichtigt wurden. Dieser Cohens-Kappa-Wert ist nahe an dem Wert der ersten Teilstudie, die auch den SSI Mikroplastik als Gegenstand hatte. Es haben sich in der Summe 45 abweichende Kodiereinheiten ergeben, hier wurde 22 Mal eine Kodiereinheit nur von einem der beiden Kodierenden zugeordnet. Im Verhältnis haben sich in der Einschätzungsdimension zu den fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 14) ergeben, gefolgt von der Einschätzungsdimension zu den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen (i. Z.: 12), gefolgt von der Einschätzungsdimension Ziele (i. Z.: 10), gefolgt von der Einschätzungsdimension Analyse des fachlichen Hintergrundes (i. Z.: 8) und die wenigsten Abweichungen gab

es in der Einschätzungsdimension zu den Quellenarten im Vermittlungsprozess (i. Z.: 1). Auch in dieser Teilstudie sind die hohen Werte in den Übereinstimmungen der Einschätzungsdimension zu Quellenarten im Vermittlungsprozess nennenswert. Das schon vorgebrachte Argument diesbezüglich hat generell auch in dieser Teilstudie Bestand. Das folgende Zitat wurde vom Forschenden in Niveau 3 der Einschätzungsdimension zur Analyse des fachlichen Hintergrundes eingeordnet, die dann kodiert wird, wenn neben der Berücksichtigung von chemischem und interdisziplinär naturwissenschaftlichem Wissen auch eine Einbettung in gesellschaftliche Kontexte erfolgt, was hier durch die Einlassung zur nicht erfolgten Grenzwertsetzung, die ein politische Instrument darstellt, angezeigt ist:

Eine entsprechende Grenzwertsetzung für eine maximale Belastung der Umwelt mit Mikroplastik ist nicht erfolgt. Dies liegt zum einen an einer fehlenden Vereinheitlichung der Definitionen und Analysemethoden von Mikroplastik, als auch an fehlenden Studien zu den gesundheitlichen und ökologischen Auswirkungen von Mikroplastik (Liebmann, 2015, S. 15 & 39) (U3KJTND7_MP2_La).

In der Kodierkonferenz konnte gegenüber Interkoder 2 die Kodierung begründet werden. Interkoder 2 argumentierte, dass diese Kodiereinheit nur Niveau 2 zuzuordnen sei, da es hier vorrangig um die interdisziplinär naturwissenschaftlichen Auswirkungen von Mikroplastik gehe und der gesellschaftliche Kontext weniger vorkomme. In der Diskussion konnte klargestellt werden, dass die Kodierregel zu Niveau 3 dieser Einschätzungsdimension regelt, dass hier kodiert wird, wenn politische Bestrebungen vorkommen. Das folgende Zitat wurde vom Forschenden in Niveau 3 der Einschätzungsdimension zu fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen eingeordnet. Dieses Niveau wird dann kodiert, wenn die fachdidaktisch-methodische Entscheidung im Hinblick auf ihren Beitrag zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung reflektiert wird und im Lernarrangement an andere Stelle die anderen Niveaus kodiert sind, was hier besonders durch den ersten Satz gegeben ist:

Das Lernarrangement endet damit, dass die SuS die erlernten Inhalte reflektieren und sich von ihrem neu erlernten Wissen Handlungsmöglichkeiten ableiten, wie sie im Alltag selbst der MP-Problematik entgegenwirken können. Dadurch wenden sie das erlernte Wissen an und transferieren es auf Alltagssituationen (vgl. Leisen, 2010) (0R81SE6W_MP2_La).

Interkoder 2 argumentierte, dass hier literaturbasiert die didaktische Konstruktion durch den zweiten Satz begründet werde und nicht konkret auf einen Bildungsbeitrag in Form der Handlungsmöglichkeiten eingegangen werde, weshalb nur Niveau 2 zu kodieren sei. In der Diskussion konnte klargestellt werden, dass hier gemäß der Kodierregel zu Niveau 3 ein Beitrag im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung geleistet wird, da im ersten Satz die Bedeutung und die Relevanz des erlernten Wissens im Hinblick auf die Verwendung in der gegenwärtigen und zukünftigen Lebenswelt angesprochen und im zweiten Satz dies rückbezogen das didaktische Modell von Leisen (2010) bezogen wird.

Tabelle 29: Übersicht über die Ergebnisse der Interkodierprozesse der Lernarrangements aus Teilstudie 4.

	Teilstudie 4 (Ni) gesamt	Ziele	Analyse des fachlichen Hintergrundes	Fachdidak- tisch-methodi- sche Entschei- dungen	Quellenarten im Vermitt- lungsprozess	Handlungsori- entierte Ar- beitsaufträge
Anzahl der Kodiereinheiten ins- gesamt	241	64	53	69	23	32
Anzahl der überein- stimmenden Kodiereinheiten	215	56	47	63	21	28
Anzahl der nicht übereinstimmenden Kodiereinheiten	26	8	6	6	2	4
Prozentuale Überein- stimmung nach Holsti (p)	0,89212	0,875	0,88679	0,91304	0,91304	0,875
Zufallsübereinstim- mung (pe)	0,08876	0,36182	0,29583	0,48582	0,43289	0,29297
Übereinstimmung nach Cohens- Kappa (κ)	0,88161	0,80413	0,83923	0,83088	0,84667	0,8232
Einschätzung der Überstimmung nach Landis & Koch (1977)	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	Beachtliche (substantial) Übereinstim- mung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung	(Fast) Vollkom- mene (almost perfect) Über- einstimmung

Zur Interkodierung der Lernarrangements der Teilstudie 4 zum SSI Nitrate wurden fünf der 19 (ca. 26 %) Datensätze herangezogen, dabei wurde darauf geachtet, dass alle Lehramtsstudiengänge berücksichtigt wurden. Der Cohens-Kappa-Wert des Kategoriensystems für alle Einschätzungsdimensionen dieser Teilstudie ist nahe an dem Wert der anderen beiden Teilstudien zur Untersuchung der Lernarrangements, die sich thematisch mit Mikroplastik befassen haben. Es haben sich in der Summe 26 abweichende Kodiereinheiten ergeben, in 4 Fällen sind Kodiereinheiten jeweils einem anderen Niveau (Ausprägung) der jeweiligen Einschätzungsdimension zugeordnet worden. Im Verhältnis haben sich in der Einschätzungsdimension Ziele die meisten abweichenden Kodiereinheiten (i. Z.: 8) ergeben, gefolgt von den Einschätzungsdimensionen zur Analyse des fachlichen Hintergrundes und der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen (i. Z. jeweils: 6), gefolgt von

der Einschätzungsdimension handlungsorientierte Arbeitsaufträge (i. Z.: 4) und die wenigsten Abweichungen gab es in der Einschätzungsdimension zu den Quellenarten im Vermittlungsprozess (i. Z.: 2).

Ins Auge fallen die hohen Werte in den Übereinstimmungen der Einschätzungsdimension zu Quellenarten im Vermittlungsprozess mit ihren zwei nicht übereinstimmenden Kodierungen. Die möglichen Begründungen für diese Befunde gelten aufgrund der gleichen Kategoriendefinitionen und Kodierregeln wie in den anderen Teilstudie auch. Die Abweichungen in dieser Einschätzungsdimension sind hier, wie auch in Teilstudie 1, dadurch entstanden, dass zwei Quellenangaben von Interkoder 2 nicht kodiert worden sind – hier kann davon ausgegangen werden, dass diese übersehen worden sind. Durch die Kodierkonferenz konnte bei den abweichenden Kodiereinheiten insgesamt ein Konsens erzielt werden. Das folgende Zitat aus dem Material für die Lernenden zu einem Planspiel zum Thema „Düngemittel – Fluch oder Segen?“ (SBURER88_Ni_La) wurde vom Forschenden der Einschätzungsdimension zu handlungsorientierten Arbeitsaufträgen als Niveau 3 zugeordnet:

Planen Sie Ihre Vorgehensweise und bereiten Sie sich auf die Versammlung vor. Gerne können Sie ihren Standpunkt mithilfe von Abbildungen und Grafiken visualisieren.
(Gruppenarbeit) (SBURER88_Ni_La)

Während Interkoder 2 argumentierte, dass sich hier jede Person allein auf die Diskussion vorbereiten solle und somit nur Niveau 2 dieser Einschätzungsdimension gegeben sei, führte der Forschende in der Kodierkonferenz an, dass dieser Arbeitsauftrag als Gruppenarbeit explizit gekennzeichnet ist und die Lernenden sich gemeinsam im Diskurs auf die Versammlung vorbereiten, um ihre Ziele mit vereinten Kräften gemeinsam zu erreichen. Es konnte sich nach Sichtung der Argumente sowie der Anweisungen aus dem Kodierleitfaden darauf geeinigt werden, dass hier Niveau 3 vorliegt. Nachdem nun die Interkodierprozesse zu allen drei Teilstudien bezogen auf die Lernarrangements vorgestellt worden sind, kann herausgestellt werden, dass der Kodierleitfaden auch von verschiedenen anderen Personen außer dem Forschenden zu ähnlichen Ergebnissen führt und die Kategorien und Kodierregeln gegenstandsbezogen, einleuchtend und trennscharf formuliert sind.

4.4.4 Induktive Kategorienbildung zu den verschiedenen Perspektiven zur Vermittlung von SSI

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden in den Fragebögen, den Reflexionsaufgaben und den Interviews die Perspektiven zur Vermittlung von SSI erhoben, denn auch diese haben

einen Einfluss auf die Vermittlung einer SSI bezogenen naturwissenschaftlicher Grundbildung. Für die Frage danach, was den Chemielehramtsstudierenden bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas besonders wichtig ist und, was es aus ihrer Sicht zu beachten gilt, wurden die Daten mit Hilfe der induktiven Kategorienbildung in Anlehnung an Mayring (2015b) analysiert. Das Ablaufmodell zur induktiven Kategorienbildung in Anlehnung an Mayring (2015b) ist in Abbildung 16 visualisiert. Als Abstraktionsniveau wurde hier das mittlere Abstraktionsniveau verwendet, das Selektionskriterium sind die in der Vermittlungsfrage jeweils als für eine Vermittlung wichtig genannten Aspekte sowie jene Aspekte, die es aus Sicht der Studierenden zu beachten gilt. Die gebildeten Kategorien wurden im ersten Materialdurchlauf für die Teilstudie 1 zu Hauptkategorien zusammengefasst. Diese Hauptkategorien wurden wiederum als deduktives Kategoriensystem mit der Option auf Erweiterung für die Analysen der Vermittlungsperspektiven der übrigen Teilstudien aus Gründen der Vergleichbarkeit und Effizienz verwendet.

Die einzelnen Kategorien werden in der Ergebnisdarstellung zur Forschungsfrage 2 vorgestellt. An dieser Stelle erfolgt eine kurze überblicksartige Erläuterung der gebildeten Hauptkategorien. Im Rahmen der induktiven Kategorienbildung konnten die folgenden Hauptkategorien gebildet werden: *Lernmöglichkeiten* (Mö), *Beiträge zum Umgang mit Medien* (MMk), *Inhaltliche Aspekte Mikroplastik* (IAM), *Schwierigkeiten* (Sw), *Konkrete Ideen zur Vermittlung* (kI), *Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln* (gHa), *Möglichkeiten zur Unterrichtsbindung* (Ua), *Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte* (UN) sowie *Vermittlung von naturwissenschaftlicher Grundbildung mit SSI* (V). Die Hauptkategorie der *Lernmöglichkeiten* umfasst Kategorien, die Auswirkungen der Einbettung der entsprechenden Thematik in den Unterricht haben, wie bspw. die Ermöglichung eines vielseitigen Lernens. Kategorien bezüglich konkreter Beiträge zu einem sinnvollen Umgang mit Medien, wie das Erlernen einer kritischen Reflexion von Aussagen und Quellen, werden in der Hauptkategorie *Beiträge zum Umgang mit Medien* zusammengefasst. Wurden konkrete inhaltliche Aspekte, die zu thematisieren sind, genannt, wurden die daraus gebildeten Kategorien in der Hauptkategorie *inhaltliche Aspekte* kodiert. *Schwierigkeiten*, wie eine zu komplexe Thematik, werden in dieser Hauptkategorie subsumiert. Die Hauptkategorie *Konkrete Ideen zur Vermittlung* umfasst ebensolche, wie die Nutzung eines Science Slams zur Sensibilisierung. Aussagen und die daraus gebildeten Kategorien, die *Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln* schildern, werden in dieser Hauptkategorie zusammengefasst. Darunter fällt unter anderen die Schaffung eines gesellschaftlichen Problembewusstseins zur Thematik. In der Hauptkategorie *Möglichkeiten zur Unterrichtsbindung* wurden jene Kategorien eingeordnet, die abbilden, wie das Thema in den Unterricht und in Schule eingebunden werden kann, wie die Verwendung eines Projekts oder Exkurses. Konkrete *Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte*, wie das vorhandene Interesse

vieler junger Menschen an Nachhaltigkeit, wird in dieser Hauptkategorie verordnet. In der Hauptkategorie *Vermittlung von naturwissenschaftlicher Grundbildung mit SSI* (V) wird kodiert, wie die Chemielehramtsstudierenden derartigen Vermittlungsprozessen grundlegend gegenüberstehen.

5 Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage: Befähigung zur Partizipation an Diskursen um SSI

In den vorangegangenen Kapiteln sind die theoretischen Grundlagen, die dem Forschungsprojekt vorausgehenden Voruntersuchungen, die konkrete Konzeption des Forschungsprojekts mit seinen Teilstudien im Hinblick auf die Gestaltung des spezifischen Lehrangebots, der eingesetzten Datenerhebungs- und Datenauswertungsverfahren erläutert worden. Aufbauend darauf werden in diesem Kapitel die Ergebnisse zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage zur Befähigung von Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um ausgewählte SSI unter besonderer Beachtung von etwaigen Grenzwerten dargestellt. Im Fokus dieses Kapitels steht dabei die Beantwortung der ersten Forschungsfrage (vgl. Kap. 5.6). Dazu werden die verschiedenen Untersuchungsfragen nacheinander bearbeitet (vgl. Kap. 5.2-5.5), sodass die Teilstudien direkt miteinander verglichen werden können. Zur Beantwortung der Forschungsfrage gehört es zu berücksichtigen, dass verschiedene SSI ausgewählt worden sind, um themenspezifische Unterschiede zu erforschen – Teilstudie 1 und 3 hatten Mikroplastik zum Gegenstand und die Teilstudie 2 die sog. Schadstoffe in der Luft. Teilstudie 1 und 2 fanden im vierstündigen Projektseminar mit Studierenden am Ende ihres Bachelors und zu Beginn ihres Masters statt, während Teilstudie 3 im Rahmen eines genuinen zweistündigen Fachdidaktikseminars für Masterstudierende durchgeführt wurde, was Vergleiche hinsichtlich Studienfortschritt sowie Veranstaltungsformat ermöglicht.

5.1 Beschreibung der Rahmenbedingungen der Teilstudien

Tabelle 9 in Kapitel 4.2 visualisiert die durchgeführten Teilstudien überblicksartig und in diesem Kapitel sollen diesbezügliche Vertiefungen stattfinden. Ein Fokus der ersten Teilstudie des Forschungsprojektes liegt auf der Befähigung der Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um das SSI Mikroplastik unter besonderer Beachtung von etwaigen Grenzwerten (Anton & Reiners, 2022a; ebd., 2022b; ebd., 2022c). Die genaue Gestaltung des Lehrangebots mit den verschiedenen Seminarphasen ist in Kapitel 4.2 vorgestellt worden. Das Seminar fand aufgrund der COVID19-Pandemie 13 Wochen lang mit jeweils vier Stunden online statt.

Für die neun Interviews dieser ersten Teilstudie wurden Studierende aller Lehrämter ausgewählt. Die Interviews fanden immer im Anschluss an das Seminar statt. Aus dem Lehramt GG wurden die Studierenden mit den Codes H435H_MP1, ZNNIC_MP1, KVRVH_MP1, 9N5VM_MP1 und 9U0VB_MP1, aus dem Lehramt für HRGe wurden die Studierenden mit den Codes AADM6_MP1 und C73TK_MP1 und aus dem Lehramt für SP wurden die Studierenden mit den

Codes V8UOP_MP1 und KMQQ8_MP1 interviewt. Es wurde darauf geachtet, dass bei den Studierenden für die Interviews alle Lehramtsstudiengänge vertreten sind. Follow-Up-Interviews sind mit den drei folgenden Studierenden geführt worden: KVRVH_MP1, V8UOP_MP1 und KMQQ8_MP1.

Teilstudie 2 hat die Schadstoffe in der Luft als SSI zum Thema, baut auf die Erkenntnisse der Vorstudien auf und unterscheidet sich inhaltlich zu den Teilstudien 1 und 3. Diese Teilstudie leistet Beiträge zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage des Forschungsprojektes zur Befähigung der Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um Schadstoffe in der Luft. Die zugehörigen Grenzwerte bestehen im Vergleich zu Mikroplastik schon länger und sind durch internationale und nationale Vereinbarungen verbindlich. Besonders an diesem SSI ist die Kontroversität im Hinblick auf die beschlossenen Grenzwerte, was sich beispielsweise am Klimaskeptizismus exemplarisch zeigt. Diese Teilstudie ist strukturell aufgebaut, wie Teilstudie 1 und 3, hat nur als SSI die Schadstoffe in der Luft. In Bezug auf die Datenauswertung können daher die Daten im Hinblick auf das Grenzwertwissen und die Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen direkt mit den anderen Teilstudien verglichen werden. Die genaue Gestaltung des Lehrangebots mit den verschiedenen Seminarphasen ist in Kapitel 4.2 vorgestellt worden. Das Seminar fand aufgrund der COVID19-Pandemie 14 Wochen lang mit jeweils vier Stunden online statt. Für die fünf Interviews dieser Teilstudie wurden Studierende aller Lehrämter ausgewählt.

Die Interviews fanden immer im Anschluss an das Seminar statt. Aus dem Lehramt GG wurden die Studierenden mit den Codes HTEB6_SidL, BTMCA_SidL und HB0JU_SidL, aus dem Lehramt für HRGe wurde ein*e Studierende*r mit dem Code 1C4BV_SidL und aus dem Lehramt für SP wurde ein*e Studierende*r mit dem Code EMUBX_SidL interviewt. Es wurde darauf geachtet, dass bei den Studierenden für die Interviews alle Lehramtsstudiengänge vertreten sind. Follow-Up-Interviews sind mit den zwei folgenden Studierenden geführt worden: BTMCA_SidL und 1C4BV_SidL.

Teilstudie 3 hat, wie Teilstudie 1 auch, Mikroplastik als SSI zum Thema und baut auf die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Studien mittelbar und unmittelbar auf Teilstudie 1 wegen der Themengleichheit auf. Diese Teilstudie leistet, wie auch Teilstudie 1, Beiträge zur Beantwortung der ersten und zweiten Forschungsfrage des Forschungsprojektes zur Befähigung der Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um Mikroplastik und der Förderung von Vermittlungskompetenzen anhand dieses SSI. Diese Teilstudie ist strukturell aufgebaut, wie die anderen Teilstudien auch. In Bezug auf die Datenauswertung können daher die Daten im Hinblick auf das

Grenzwertwissen und die Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen direkt mit den anderen Teilstudien verglichen werden. In Bezug auf das chemische Wissen unmittelbar mit Teilstudie 1 und nur mittelbar über die strukturell gleichen Hauptkategorien CW1 bis CW3, die jedoch in Bezug auf die einzelnen Kategorien aus inhaltlichen Gründen voneinander abweichen, mit Teilstudie 2. Die Ergebnisse zum chemischen Wissen dieser Teilstudie werden immer direkt mit den Ergebnissen von Teilstudie 1 dargestellt. Das Seminar fand aufgrund der COVID19-Pandemie 14 Wochen lang mit jeweils zwei Stunden online statt.

Für die drei Interviews dieser Teilstudie erklärten sich nur Studierende des Lehramts GG bereit. Die Interviews fanden immer im Anschluss an das Seminar statt. Die interviewten Studierenden hatten die folgenden Codes: G3WDG2H7_MP2, 3ONZDDG9_MP2 und U3KJTND7_MP2. Follow-Up-Interviews sind mit den zwei folgenden Studierenden geführt worden: 3ONZ-DDG9_MP2 und U3KJTND7_MP2

5.2 Zur Förderung des chemischen Wissens: Untersuchungsfrage U1.1

Die Ergebnisse zur inhaltlichen Strukturierung des chemischen Fachwissens der befragten Chemielehramtsstudierenden in Bezug zur Partizipation an den SSI-Diskursen der verschiedenen Teilstudien vor und nach der Intervention sind für die Hauptkategorien CW1 bis CW3 in Tabelle 30 dargestellt. Die abgebildete Tabelle 30 gibt untereinander die Teilstudien an, dabei wurde die Teilstudie 3 zwischen die Teilstudien 1 und 2 gesetzt, um einen Vergleich der thematisch gleichen Mikroplastikteilstudien (Teilstudie 1 und 3) zu erleichtern. Es sind die jeweiligen Kodierungen in den Kategorien in Summe angegeben sowie als Prozentangabe in Relation zu den maximal möglichen Kodierungen, die sich aus der Anzahl der Kategorien multipliziert mit der Anzahl der Teilnehmenden ergibt.

Wie Tabelle 30 zeigt, konnten sich die Chemielehramtsstudierenden aller Teilstudien in allen Hauptkategorien des chemischen Wissens deutlich verbessern. Die Tabelle zeigt, dass in dieser Kategorie von Prä-Fragebogen nach Post-Fragebogen große Veränderungen in allen Teilstudien stattfanden. Beachtlich ist, dass die Chemielehramtsstudierenden nach der Intervention in der Lage waren, Bildung und Entstehung von Mikroplastik bzw. Schadstoffen in der Luft umfassend zu beschreiben.

Tabelle 30: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens der Fragebögen der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Hauptkategorien zum chemischen Wissen			CW1: Charakteristische Eigenschaften	CW2: Bildung und Ent- stehung	CW3: Folgen	Chemisches Wissen insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	19	27	16	62
		Summe in %	29,69	56,25	20,00	32,29
	Ko Po	Summe	33	44	42	119
		Summe in %	51,56	91,67	52,50	61,98
	MmK	Summe	64	48	80	192
	Diff Pr-Po	Diff in %	21,87	35,42	32,50	29,69
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	36	46	36	118
		Summe in %	31,03	52,87	24,83	33,91
	Ko Po	Summe	45	70	82	197
		Summe in %	38,79	80,46	56,55	56,61
	MmK	Summe	116	87	145	348
	Diff Pr-Po	Diff in %	7,76	27,59	31,72	22,7
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Pr	Summe	61	18	7	86
		Summe in %	81,33	30,00	9,33	40,95
	Ko Po	Summe	74	41	31	146
		Summe in %	98,67	68,33	41,33	69,52
	MmK	Summe	75	60	75	210
	Diff Pr-Po	Diff in %	17,34	38,33	32,00	28,57

Abbildung 18 visualisiert die Ergebnisse aus Tabelle 30 in Balkendiagrammen. Daran werden die Steigerungen durch die Interventionen zwischen den Erhebungszeiträumen deutlich visualisiert. Auch wird deutlich, dass die Vorkenntnisse in den Teilstudien 1 und 3 zu Mikroplastik vergleichbar waren, wenn auch die Teilstudie 3 ausschließlich mit Masterstudierenden über tiefergehende Kenntnisse verfügte. Die Voraussetzungen der Studierenden aus Teilstudie 2 sind jeweils höher als in den anderen Teilstudien, was auf die Medienpräsenz des SSI und das enorme Problembewusstsein zu Nachhaltigkeitsthemen insbesondere Klimawandel zurückgeführt werden kann. Natürlich wird gegenwärtig das Thema Mikroplastik breit diskutiert, nur ist der Klimawandel für die Probanden der Teilstudie 2 ein Querschnittsthema ihrer Schullaufbahn, mit dem sie immer wieder konfrontiert worden sind. Darüberhinausgehend kann der Klimawandel mit seinen Implikationen für das Leben in Deutschland als zentrales Thema dieser Generation gesehen werden, was für vorausgehende Generationen etwa die Atomkraft war (vgl. Kap. 2.2.3; Lucke, 2019; Holfelder et al., 2021).

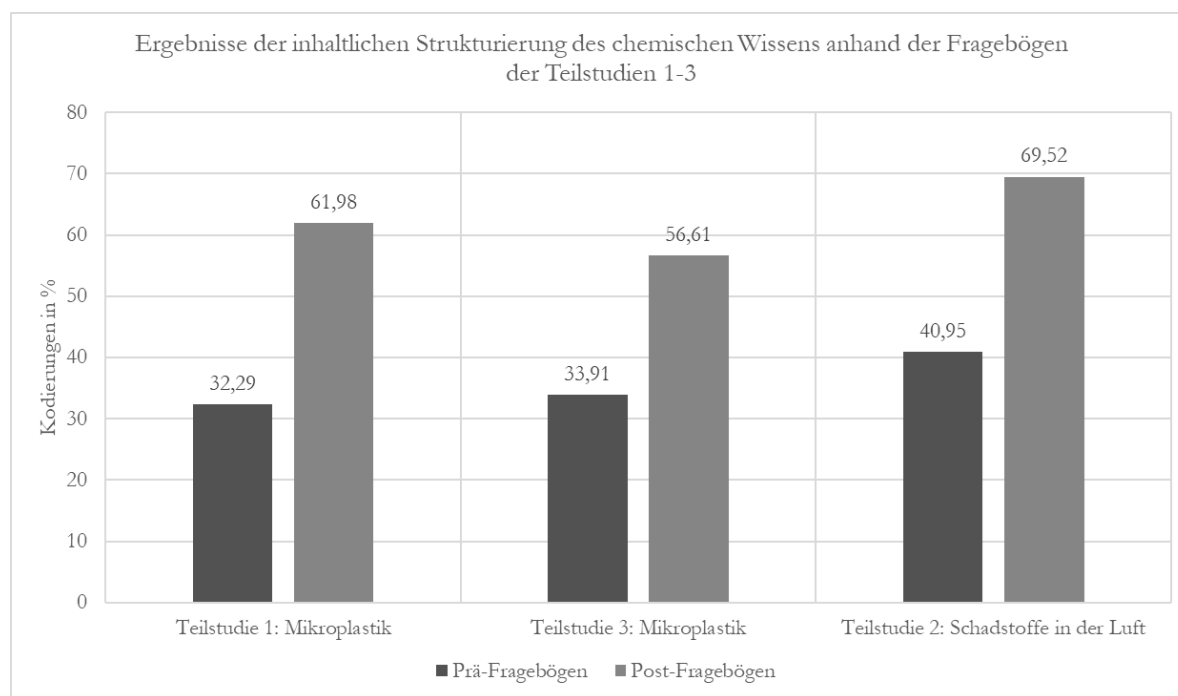


Abbildung 18: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens anhand der Fragebögen der Teilstudien 1-3 im Balkendiagramm zum Vergleich der Prä- und Postfragebogenergebnisse.

Die höchsten prozentualen Anzahlen an erfüllten Kodierungen in den Post-Fragebögen liegen mit 91,67 % für Teilstudie 1 und mit 80,46 % für Teilstudie 3 in der Kategorie CW2 zur Bildung und Entstehung von Mikroplastik, während die der Teilstudie zu den Schadstoffen in der Luft im Bereich CW1 der charakteristischen Eigenschaften mit 98,67 % liegt. Hier zeigt sich, dass das Fachwissen bei den Chemielehramtsstudierenden zu Beginn des Seminars gering war und am Ende deutlich gesteigert werden konnte.

Die berechneten Differenzen können ebenfalls Tabelle 30 entnommen werden. Dabei zeigt sich, dass in allen Teilstudien sich die größten Differenzen in der Kategorie CW2 zur Bildung und Entstehung der SSI-relevanten Stoffe ergeben, die Teilnehmenden in diesem Bereich demnach hier am meisten an Wissen zu gewinnen. Auffällig ist darüber hinaus, dass die relative Anzahl an Kodierungen in der Kategorie CW1 zu den charakteristischen Eigenschaften in der zweiten Mikroplastikteilstudie (Teilstudie 3) mit knapp 39 % in den Post-Fragebögen die kleinste Verbesserung um ca. 8 % verglichen mit den knapp 31 % in den Prä-Fragebögen darstellt. Zum anderen ist der Wert an erfüllten Kodierungen im Prä-Fragebogen von Schadstoffen in der Luft (Teilstudie 2) in ebendieser Kategorie mit 81,33 % sehr hoch, die Veränderung zu den Post-Fragebögen mit 98,67 % übersteigt hier mit einer Differenz von 17,34 % jene 8 % Differenz aus Teilstudie 3 (Mikroplastik). Diese hohen Werte im Bereich der Schadstoffe in der Luft decken sich mit den Ergebnissen der einschlägigen Jugendstudien (vgl. Kap. 2.2.3), deren Ergebnisse zeigen, dass sich junge Menschen besonders für Nachhaltigkeitsthemen im Bereich Klimawandel interessieren.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Hauptkategorien des chemischen Wissens und ihre Kodierung in den Prä- und Post-Fragebögen der drei Teilstudien eingegangen. Da die Teilstudien von Mikroplastik direkt vergleichbar sind aufgrund des identischen Kategoriensystems, sind die Ergebnisse der Mikroplastikstudien 1 und 2 jeweils innerhalb einer Tabelle angegeben. Zur Vertiefung der Ergebnisse aus den Post-Fragebögen werden die Daten aus den geführten Interviews und der Reflexionsaufgaben herangezogen. Die Tabellen sind analog zur Tabelle 30 aufgebaut, die Teilstudien mit Prä- und Post-Fragebögen sind untereinander in den Zeilen abgebildet, die Kategorien in den Spalten. Es sind jeweils die Summen der erfüllten Kodierungen und die Summen in Prozent angegeben, sowie die maximal möglichen Kodierungen, die sich auch hier aus der Anzahl der Kategorien multipliziert mit der Anzahl der Teilnehmenden ergibt, sowie die Differenz zwischen den Prozentsätzen aus Prä- und Post-Fragebögen. Tabelle 31 zeigt die Ergebnisse für die Unterkategorien der Hauptkategorie CW1 zu den charakteristischen Eigenschaften für die Teilstudien zu Mikroplastik. Nach Vorstellung der Ergebnisse der Teilstudien 1 und 3 zum SSI Mikroplastik werden kontrastierend die Ergebnisse der Teilstudie 2 zu Schadstoffen in der Luft vorgestellt.

In Tabelle 31 wird deutlich, dass in den Prä-Fragebögen zu Teilstudie 1 am häufigsten Kunststoffpartikel als Mikroplastikpartikel aufgrund ihrer Größe mit knapp 81 % kategorisiert worden sind (CW1a). Während diese Kategorie anhand der Aussagen der Post-Fragebögen mit knapp 56 % nicht mehr am häufigsten kodiert worden ist. Beispielhaft für diese Kategorie steht die folgende Aussage: „Mikroplastik sind kleinste Kunststoffpartikel, welche sich durch ihre Größe definieren lassen“ (F6MKK_MP1_Po). Ähnliches zeigt sich auch in der Teilstudie 3 zu Mikroplastik 2 (bspw. hier: „Unter Mikroplastik verstehe ich Plastikstücke, die eine bestimmte Größe (sehr kleine) aufweisen“ (W6MFAH09_MP2_Pr)), hier erfüllten in den Prä-Fragebögen knapp 55 % der Teilnehmenden die Kategorie CW1a, in den Post-Fragebögen waren es knapp 31 %. Für beide Teilstudien ergeben sich damit von der Prä- zur Post-Erhebung ähnliche Differenzen von -25 % für Teilstudie 1 und von ca. -24 % für Teilstudie 3. Anhand dieser Kategorie sowie der Kategorie CW1b wird ersichtlich, dass ein deduktiv entwickeltes Kategoriensystem bei dem Aufeinandertreffen mit der Realität nicht immer passgenau ist: CW1b stellt die fachwissenschaftlich ausdifferenziertere Beschreibung von Mikroplastik mit Hilfe von Ober- und Untergrenzen dar, während CW1a diese Klassifizierung nur grob anhand der Größe vornimmt. Während sich in Kategorie CW1a eine Abnahme von den Prä- hin zu den Post-Fragebögen vollzieht, nehmen die Kodierungen in der Kategorie CW1b deutlich zu. In beiden Fällen spricht dies für eine Zunahme des Fachwissen: hier wird das Mikroplastik nicht mehr nur grob, sondern differenzierter anhand möglicher Größengrenzen klassifiziert.

Tabelle 31: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien der Hauptkategorie charakteristische Eigenschaften (CW1)			CW1a: Klassifizierung von Kunststoffpartikeln als Mikroplastik	CW1b: Ober- und Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik	CW1c: Mikroplastik schließt verschiedenste Polymerarten ein	CW1d: Charakteristische Eigenschaften von Kunststoffen	CW1 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	13	3	0	3	19
		Summe in %	81,25	18,75	0	18,75	29,69
	Ko Po	Summe	9	14	5	5	33
		Summe in %	56,25	87,50	31,25	31,25	51,56
	MmK	Summe	16	16	16	16	64
	Diff Pr-Po	Diff in %	-25,00	68,75	31,25	12,50	21,87
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	16	5	5	10	36
		Summe in %	55,17	17,24	17,24	34,48	31,03
	Ko Po	Summe	9	22	9	5	45
		Summe in %	31,03	75,86	31,03	17,24	38,79
	MmK	Summe	29	29	29	29	116
	Diff Pr-Po	Diff in %	-24,14	58,62	13,79	-17,24	7,76

Bei den Aussagen, die CW1b zugeordnet sind, sind Antworten möglich, die die jeweilige Untergrenze konkret thematisieren (bspw.: „Als Mikroplastik werden alle Kunststoff-Partikel oder Fasern kleiner als 5mm bezeichnet“ (V8UOP_MP1_Po) oder die darüberhinausgehend die uneinheitliche Mikroplastikdefinition thematisieren (bspw.: „Leider gibt es keine einheitliche Größendefinition für Mikroplastik, jedoch wird dieses oft ab einer Größe von unter 5mm beschrieben“ (9N5VM_MP1_Po) oder

Unter Mikroplastik verstehe ich kleine Kunststoffpartikel die kleiner als 5mm sind. Die wissenschaftliche Gemeinde ist sich jedoch nicht einig, Während einige die Größe von Mikroplastik auf das abgeschlossene Intervall [1mm;5mm] setzen, betiteln andere alles, was kleiner als 5mm ist als Mikroplastik (4QGFPXM_MP2_Po)).

Anhand von Kategorie CW1c konnten Aussagen kodiert werden, die erläutern, dass der Begriff Mikroplastik Kunststoffteilchen anhand von Größe, nicht aber anhand von Polymerart kategorisiert. Dieses Wissen wurde in den Prä-Fragebögen von Mikroplastik 1 nicht gezeigt, wohl aber in den Post-Fragebögen von fünf Chemielehramtsstudierenden, also knapp einem Drittel. Exemplarisch für eine Kodierung in dieser Kategorie ist die folgende Aussage: „Außerdem reden wir ja

nicht nur von einem Stoff, sondern von einer ganzen Gruppe verschiedenster Kunststoffe in einer bestimmten Größe inklusive all ihrer Additive“ (MH9X3TK6_MP2_Po).

Tabelle 32: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien der Hauptkategorie charakteristische Eigenschaften (CW1)			CW1a: Klassifizierung von Kunst- stoffpartikeln als Mikroplas- tik	CW1b: Ober- und Un- tergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik	CW1c: Mikroplastik schließt ver- schiedenste Po- lymerarten ein	CW1d: Charakteristi- sche Eigen- schaften von Kunststoffen	CW1 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko I	Summe	6	9	6	1	22
		Summe in %	66,67	100,00	66,67	11,11	61,11
	MmK	Summe	9	9	9	9	36
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko I	Summe	1	3	1	1	6
		Summe in %	33,33	100,00	33,33	33,33	50,00
	MmK	Summe	3	3	3	3	12

In den Interviews konnten die Chemielehramtsstudierenden in der Summe mehr Kategorien erfüllen, dies zeigt Tabelle 32. Dabei wurde in allen Interviews auf die Ober- und Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik (CW1b) eingegangen. Dabei sind die Aussagen innerhalb der Interviews ausführlicher und problematisieren die fehlende Untergrenze deutlich:

Also es gibt eine Obergrenze, die definiert ist, aber nicht so wirklich so eine Untergrenze, glaube ich. Und das ist halt doof, dass das nicht so wirklich definiert ist, was Mikroplastik ist (KVRVH_MP1_I).

Ebenso bezieht C73TK die verschiedenen Definitionen in den verschiedenen Publikationen zum Mikroplastik in seine Aussagen mit ein:

Ja, das ist ja schon sozusagen das erste Problem. Es gibt ja keinen standardisierten Begriff für Mikroplastik. Es gibt schon eine Einheitsgröße, die meistens genommen wird, aber, wenn man sich in verschiedenen Texten bewegt, fällt einem schnell auf, dass da auch verschiedene Größen genannt werden (C73TK_MP1_I).

In einem Interview aus Teilstudie 3 erläuterte U3KJTND7, dass die Studien unterschiedliche Grundlagen haben:

Die meisten Studien, die wir gefunden haben, hatten halt unterschiedliche Definitionen. Dann haben ein paar nicht mehr von Mikroplastik gesprochen ab einer bestimmten Größe (U3KJTND7_MP2_I).

Es zeigt sich, dass die zeitlich nach dem Post-Fragebogen durchgeführten Interviews die Zunahme an chemischem Wissen zu charakteristischen Eigenschaften bestätigen.

Tabelle 33: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Reflexionsaufgaben zur Seminarphase Wissensaneignung von Teilstudie 1 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, RWa: Reflexionsaufgaben der Phase Wissensaneignung, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien der Hauptkategorie charakteristische Eigenschaften (CW1)			CW1a: Klassifizierung von Kunst- stoffpartikeln als Mikroplas- tik	CW1b: Ober- und Un- tergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik	CW1c: Mikroplastik schließt ver- schiedenste Po- lymerarten ein	CW1d: Charakteristi- sche Eigen- schaften von Kunststoffen	CW1 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko RWa	Summe	0	2	1	0	3
		Summe in %	0	2,0	1,0	0	4,69
	MmK	Summe	16	16	16	16	64
		Summe in %	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Die Reflexionsaufgaben zur Seminarphase Wissensaneignung zeigen für das chemische Wissen insgesamt deutlich geringere Kodierungsanzahlen. Die Reflexionsaufgaben selbst wurden in erster Linie zur Reflexion der eigenen Weiterentwicklung im Seminar für die Chemielehramtsstudierenden eingesetzt und stellen als Datenerhebungsinstrument in Bezug auf Forschungsfrage 1 eine nachgeordnete Funktion dar. Nur von drei Personen aus Mikroplastik 1 wurden fachliche Aspekte, die der Hauptkategorie zu den charakteristischen Eigenschaften von Mikroplastik zuzuordnen sind, reflektiert. Davon wurden zwei Kodierungen in der Kategorie CW1b zur Ober- und Untergrenze der Partikelgröße und eine Kodierung in der Kategorie CW1c zu den verschiedenen Polymerarten erzielt. In den Reflexionsaufgaben wurden von den Chemielehramtsstudierenden eher das individuelle eigene Lernen und die Vermittlungsperspektive reflektiert als eine fachliche Auseinandersetzung. Dies zeigt sich an dem folgenden Zitat von KMQQ8: „Zudem fand ich es sehr interessant zu erfahren, dass es keine einheitliche Antwort darauf gibt, was Mikroplastik ist“ (KMQQ8_MP1_RWa). Hier wird zu fachlichen Aspekten zu Mikroplastik eine bewertende Perspektive für die eigenen Lernprozesse gezogen. Aus diesen Gründen wird auf die Daten der Reflexionsaufgaben nur noch cursorisch eingegangen.

Tabelle 34: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW2 zu Bildung und Entstehung von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien der Hauptkategorie Bildung & Entstehung (CW2)			CW2a: Primäres Mikroplastik Typ A	CW2b: Primäres Mikroplastik Typ B	CW2c: Sekundäres Mikroplastik	CW2 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	12	8	7	27
		Summe in %	75,00	50,00	43,75	56,25
	Ko Po	Summe	15	16	13	44
		Summe in %	93,75	100,00	81,25	91,67
	MmK	Summe	16	16	16	16
	Diff Pr-Po	Diff in %	18,75	50,00	37,50	35,42
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	13	13	20	46
		Summe in %	44,83	44,83	68,97	52,87
	Ko Po	Summe	24	25	21	70
		Summe in %	82,76	86,21	72,41	80,46
	MmK	Summe	29	29	29	87
	Diff Pr-Po	Diff in %	37,93	41,38	3,44	27,59

Sowohl in den Prä- als auch in den Post-Fragebögen gelingt es den Chemielehramtsstudierenden Aussagen zur Bildung und Entstehung von Mikroplastik zu machen, dies visualisieren die Kodierungen insgesamt für CW2 in Tabelle 34. Die folgende Aussage steht charakteristisch für Aussagen zu sekundärem Mikroplastik: „Sekundäres Mikroplastik bezeichnet Mikroplastik, das nach Fragmentierung durch umweltliche Einflüsse aus Makroplastik entstanden ist“ (PJSVNCZL_MP2_Po). Die jeweils größten Differenzen liegen sowohl für Teilstudie 1 mit 50 % und für Teilstudie 3 mit 41,38 % in der Kategorie CW2b zum primären Mikroplastik Typ B, worunter Mikroplastikpartikel zu verstehen sind, die bei der Nutzung von Gegenständen entstehen (Fürhacker, 2020), die im Post-Fragebogen von Teilstudie 1 von allen Teilnehmer*innen erfüllt worden ist. Die folgende Aussage von H435H im Post-Fragebogen erfüllt alle Kodierregeln von CW2 und konnte satzweise den Kategorien chronologisch zugeordnet werden:

Unter dem primären MP-Typ A versteht man MP-Partikel, die in dieser Größe produziert wurden und in Produkten z. B. Peelings, Zahnpasten oder Putzpasten, inclusive Luftstrahlmedien, eingesetzt werden. Primäres MP Typ B entsteht bei der Nutzung, z. B. durch Abrieb wie Fasern aus Kleidung oder Partikel aus Reifen. Sekundäres MP wird während oder nach Gebrauch von Kunststoffen durch Fragmentierung größerer Plastikstücke in immer kleinere Teilchen unbeabsichtigt freigesetzt (H435H_MP1_Po).

Die numerischen Ergebnisse der Interviews werden in Tabelle 35 gezeigt. In den Interviews von Teilstudie 1 wurden prozentual weniger Kodierungen verglichen mit den sehr häufig in den Post-Fragebögen von Teilstudie 1 kodierten Kategorien von CW2 gemacht. Nur zwei der Teilnehmenden haben hier alle Kategorien erfüllt. C73TK erläutert im Interview, wie es zu primärem Mikroplastik Typ A kommt und dass dieses Mikroplastik im Vergleich zu den anderen Arten besonders gut kontrollierbar ist:

Ja erstens: Primär wird ja hergestellt. Extra für einen gewissen Zweck, zum Beispiel jetzt in Peelings. Das heißt, da hat man ja noch die Kontrolle darüber und das ist ja sozusagen extra von der Industrie angefertigt (C73TK_MP1_I).

Tabelle 35: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW2 zu Bildung und Entstehung von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien der Hauptkategorie Bildung & Entstehung (CW2)			CW2a: Primäres Mikroplastik Typ A	CW2b: Primäres Mikroplastik Typ B	CW2c: Sekundäres Mikroplastik	CW2 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko I	Summe	3	5	4	12
		Summe in %	33,33	55,56	44,44	44,44
	MmK	Summe	9	9	9	27
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko I	Summe	3	3	1	7
		Summe in %	100,00	100,00	33,33	77,78
	MmK	Summe	3	3	3	9

Die Chemielehramtsstudierenden der Teilstudie 1 haben im Bereich der Folgen von Mikroplastik im Bereich des chemischen Wissens in den Fragebögen am schlechtesten abgeschnitten. In den Prä-Fragebögen haben fünf der 16 Studierenden in dieser Hauptkategorie keine Kodierung erhalten, wohingegen in den Post-Fragebögen alle 16 Studierenden mindestens eine Kategorie als erfüllt zugeordnet bekommen haben. Besonders viele der Chemielehramtsstudierenden haben die Kategorie CW3d erfüllt, dazu war zu erläutern, dass zu Auswirkungen von Mikroplastik auf Lebewesen und Umwelt noch keine gesicherten Ergebnisse vorliegen und die Datenlage, bspw. zum Umweltbereich Wasser, limitiert, spekulativ und inkonsistent ist, dabei wird erläutert, dass ein Forschungsdesiderat besteht. Gerade im Hinblick auf NoS-Aspekte der SSI und fachliche Aspekte ist es erfreulich, dass nun nicht mehr nur zwei, sondern 87,50 % der Studierenden aus Teilstudie 1 und 82,76 % der Studierenden aus Teilstudie 3 dies in ihren Antworten zu den Folgen von Mikroplastik berücksichtigen konnten.

Tabelle 36: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW3 zu den Folgen von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien der Hauptkategorie Folgen (CW3)			CW3a: Rückstände von Mikro- plastik finden sich fast überall	CW3b: Mikroplastik kann die Gesund- heit von Men- schen und Tieren beeinträchtigen	CW3c: Mikroplastik kann die Umwelt be- einträchtigen	CW3d: Gesicherte Erkennt- nisse der Folgen für Lebewesen und Um- welt liegen derzeit nicht endgültig vor	CW3e: Mikroplastikpar- tikel können als Schadstofftrans- porter wirken	CW3 insge- samt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	3	7	1	2	3	16
		Summe in %	18,75	43,75	6,25	12,50	18,75	20,00
	Ko Po	Summe	6	11	1	14	10	42
		Summe in %	37,50	68,75	6,25	87,50	62,50	52,50
	MmK	Summe	16	16	16	16	16	80
	Diff Pr-Po	Diff in %	18,75	25,00	0	75,00	43,75	32,50
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	7	17	2	10	0	36
		Summe in %	24,14	58,62	6,90	34,48	0	24,83
	Ko Po	Summe	11	27	9	24	11	82
		Summe in %	37,93	93,10	31,03	82,76	37,93	56,55
	MmK	Summe	29	29	29	29	29	145
	Diff Pr-Po	Diff in %	13,79	34,48	24,13	48,28	37,93	31,72

Gerade durch die unklaren Folgen entsteht die Relevanz und Kontroversität des SSI Mikroplastik, denn diese Partikel sind stark verbreitet, was von den Chemielehramtsstudierenden erfasst worden ist (vgl. CW2), und die Menschen kommen mit ihnen ständig in Kontakt. Dabei können durch diese Kategorie Aussagen unterschiedlicher Komplexität kodiert werden, wie

Die gesundheitsbeeinträchtigende Wirkung von MP ist noch nicht nachgewiesen (V8UOP_MP1_Po),

Die Auswirkung auf Natur, Umwelt und Menschen sind noch nicht stark erforscht. Die Forschung ist an der Thematik aktuell in starker Forschung, allerdings fehlen noch deutliche Ergebnisse (U6DPTSV5_MP2_Po),

Folgen für Organismen sind noch recht wenig untersucht, allerdings gibt es teilweise Anzeichen für einen schädlichen oder zumindest stressenden Faktor durch MP (RNZXE_MP1_Po),

eine Einschätzung der gesundheitlichen Risiken für den Menschen kann jedoch aufgrund mangelnder Daten nicht getroffen werden (SPGE2_MP1_Po).

Gemeinsam ist diesen Aussagen, dass sie in unterschiedlicher Ausführlichkeit und Komplexität das Forschungsdesiderat und die einhergehenden Unsicherheiten benennen, was gerade vor dem Hintergrund der Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung (OECD, 1999) ein wichtiger Aspekt ist, denn hier soll auf Grundlage von naturwissenschaftlichem Wissen an Entscheidungsprozessen partizipiert werden. In Entscheidungsprozessen um das SSI Mikroplastik steht die Gesellschaft und die Politik als Steuerungssystem vor anderen Herausforderungen als bei Stoffen, deren Folgen klar und gut erforscht sind, und genau hier können diejenigen, die um die Unsicherheiten der Erkenntnisse über Mikroplastik wissen, im Diskurs auf einen Erkenntnisfortschritt drängen sowie tendenziell mögliche, auf einer unsicheren wissenschaftlichen Basis beruhende, politische Entscheidungen vermeiden.

Die Wirkungsweise als Schadstofftransporter wurde mit der Kategorie CW3e kodiert und hier wird die Eigenschaft der Mikroplastikpartikel problematisiert, dass an ihnen durch Adsorption Schadstoffe, wie Schwermetalle, anhaften können. Erstaunlich gerade vor dem Hintergrund gegenwärtigen Umweltbewusstseins (vgl. Kap. 2.2.3) ist, dass in Teilstudie 1 nur von RNZXE im Prä- und Post-Fragebogen auf die mögliche Auswirkung eingegangen wird, dass „Mikroplastik die Umwelt beeinträchtigen kann: Umweltschäden, Gefährdung der Artenvielfalt“ (RNZXE_MP1_Pr) und „Folgen für die Umwelt sind die Verschmutzung vieler Lebensräume (Gewässer, Böden...)“ (RNZXE_MP1_Po). In der Teilstudie 3 lagen in den Prä-Fragebögen für diese Kategorie keine kodierbaren Textstellen vor, in den Post-Fragebögen wurden fast 38 % der möglichen Kodierungen erzielt. Hier geht bspw. K7M32WJH differenziert in den gemachten Aussagen die Schadstofftransporterfunktion von Mikroplastik. Er geht darauf ein, dass Mikroplastik oft ein Trägerelement für Schadstoffe darstellen kann: „Mikroplastik selbst dient oft als Trägerelement für Schadstoffe und die über das Mikroplastik in den eigenen Organismus gelangen“ (K7M32WJH_MP2_Po).

In Bezug auf die Folgen von Mikroplastik konnten relativ gesehen durch die Interviews, abgebildet in Tabelle 37, mehr Kodierungen erfolgen als in den Post-Fragebögen. In Bezug auf Kategorie CW3a zur Omnipräsenz von Mikroplastik beschreibt AADM6 von der Bildung von Mikroplastik ausgehend die Verbreitung von Mikroplastik in der Lebenswelt und den Folgen schlussendlich für den Menschen:

Also wenn man überlegt, es gibt halt primäres, sekundäres Mikroplastik und der größte Anteil ist ja tatsächlich vom Reifenabrieb, also von Autos. Und dann es ist ja ein einfacher Prozess. Es regnet, das kommt in die Kanalisation, das kommt dann in die Flüsse, in die Meere und so weiter und Tiere fressen es auf. Und ja das Einfachste ist: Der Fisch landet

bei uns auf dem Teller und wir essen dann dementsprechend den Fisch und nehmen dann auch Mikroplastik zu uns auf (AADM6_MP1_I).

Tabelle 37: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW3 zu Folgen von Mikroplastik als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews zur Seminarphase Wissensaneignung von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: I: Ko: Kodierungen, Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien der Hauptkategorie Folgen (CW3)			CW3a: Rückstände von Mikroplastik finden sich fast überall	CW3b: Mikroplastik kann die Gesundheit von Menschen und Tieren beeinträchtigen	CW3c: Mikroplastik kann die Umwelt beeinträchtigen	CW3d: Gesicherte Erkenntnisse der Folgen für Lebewesen und Umwelt liegen derzeit nicht endgültig vor	CW3e: Mikroplastikpartikel können als Schadstofftransporter wirken	CW3 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko I	Summe	6	8	3	7	1	25
		Summe in %	66,67	88,89	33,33	77,78	11,11	55,56
	MmK	Summe	9	9	9	9	9	45
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko I	Summe	3	2	0	3	2	10
		Summe in %	100,00	66,67	0	100,00	66,67	66,67
	MmK	Summe	3	3	3	3	3	15

Wie auch in den Fragebögen wurde die Kategorie CW3d von etwas über 75 % der Probanden in den Interviews und der Hälfte in den Reflexionsaufgaben erfüllt. Dieser Aspekt von Mikroplastik scheint für viele der Chemielehramtsstudierenden relevant zu sein und zeigt, dass dieser komplexe Aspekt, der exemplarisch für die mit SSI einhergehenden Herausforderungen steht, aus vielerlei Perspektiven betrachtet werden kann und gerade hier Kompetenzen durch die Lehrveranstaltung gefördert werden können. KVRVH bilanziert in der Reflexionsaufgabe diesen fachlichen Aspekt des SSI Mikroplastik über den durch Medien erweckten Eindruck des Wissensstandes über Mikroplastik im Kontrast zu den in der Wissenschaft vorherrschenden Forschungslücken:

Außerdem ist mir bewusst geworden, dass durch die Medien zwar der Eindruck erweckt wird, dass viel über Kunststoffe und Mikroplastik bekannt ist, aber dass dies überhaupt nicht der Fall ist. Es herrschen momentan noch sehr viele Forschungslücken und auch über die Auswirkungen auf die Gesundheit ist bisher noch nicht viel bekannt (KVRVH_MP1_RWa).

Die Kategorie CW3b zur Gesundheit von Menschen und Tieren erfüllen in Teilstudie 1 fast 89 % und in Teilstudie 3 fast 67 % in den Interviews. Hier zeigen sich in den Interviews auch Sichtweisen, die im Hinblick auf globale Gerechtigkeit Abwägungen vollziehen:

Mikroplastik ist über die ganze Welt verbreitet. Es bringt jetzt nichts, wenn wir unser Plastik nach Asien verschippen und die da dann eine Mikroplastikbelastung haben, aber wir hier stubenrein sind (U3KJTND7_MP2_I).

Auch diese Kategorie konnte in den Reflexionsaufgaben nicht kodiert werden. Ebenso nicht kodiert wurde sowohl für die Reflexionsaufgaben als auch für Teilstudie 3 in der Kategorie CW3c zur Beeinträchtigung der Umwelt. Ein mit den Fragebögen vergleichbares Bild zeigen die Ergebnisse zur Kategorie CW3d zu den fehlenden Erkenntnissen, wie weiter oben schon geschildert wurde. U3KJTND7 geht dann aufbauend auf die o. g. Aussage, die der Kategorie CW3a zur Omnipräsenz von Mikroplastik zugeordnet wurde, anschließend darauf ein, dass Mikroplastik gerade durch das Erkenntnis- und Forschungsdesiderat besonders gesellschaftlich herausfordernd ist:

Dementsprechend werte ich es als gesellschaftliches Problem, weil wir noch gar nicht wissen, was wir damit so ausgelöst haben. Das heißt: Welche Auswirkungen hat das Mikroplastik wirklich auf uns? Wie lange wird uns dieses Problem jetzt noch in der Menschheitsgeschichte begleiten? (U3KJTND7_MP2_I)

Im Folgenden werden die Kategorien der Hauptkategorien des chemischen Wissens aus der Teilstudie 2 zu den Schadstoffen in der Luft vorgestellt. Auch diese Tabellen sind analog zu denen von Mikroplastik aufgebaut und geben die Summen und den relativen Anteil an erfüllten Kodierungen an, sowie die maximal möglichen Kodierungen und die Differenz zwischen den Prä- und Post-Fragebögen. Tabelle 38 zeigt die Ergebnisse der Teilstudie 2 in den charakteristischen Eigenschaften, kodiert mit der Hauptkategorie CW1. Die prozentualen Zahlen in den Prä-Fragebögen zeigen, dass die Studierenden bereits vorab über Einiges an Wissen zu den charakteristischen Eigenschaften verfügten. Alle Studierenden sind sowohl in den Prä- als auch in den Post-Fragebögen in der Lage die Oxide des Kohlenstoffs zu nennen, kodiert mit der Kategorie CW1a. In der Kategorie CW1b, die die Nennung der Oxide des Stickstoffs kodiert, erzielten in den Prä-Fragebögen 14 von 15 Studierende und damit knapp 93 % der Teilnehmenden in dieser Kategorie eine Kodierung. In den Post-Fragebögen wurde dies auf 100 % erhöht. Sowohl CW1c, die Aggregatzustände, und CW1e die charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Stickstoffs, wurden in den Prä-Fragebögen mit jeweils 66,67 % von den wenigsten Studierenden verglichen mit den anderen Kategorien erfüllt. In den Post-Fragebögen erzielten beide Kategorien 100 % der möglichen Kodierungen.

Tabelle 38: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien der Hauptkategorie charakteristische Eigenschaften (CW1)			CW1a: Nennung der Oxide des Kohlenstoffs	CW1b: Nennung der Oxide des Stickstoffs	CW1c: Nennung der Aggre- gatzustände	CW1d: Charakteristi- sche Eigen- schaften der Oxide des Kohlenstoffs	CW1e: Charakteristi- sche Eigen- schaften der Oxide des Stickstoffs	CW1 insgesamt
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Pr	Summe	15	14	10	12	10	61
		Summe in %	100,00	93,33	66,67	80,00	66,67	81,33
	Ko Po	Summe	15	15	15	14	15	74
		Summe in %	100,00	100,00	100,00	93,33	100,00	98,67
	MmK	Summe	15	15	15	15	15	75
	Diff Pr-Po	Diff in %	0	6,67	33,33	13,33	33,33	17,34

Bspw. konnte die folgende Aussage „Stickstoffmonoxid (NO) ist ein farbloses Gas (bei RT und Standarddruck)“ (12Q7P_SidL_Po) im Post-Fragebogen Kategorie CW1d zugeordnet werden. Eine Erfüllung der Kategorie CW1d zu den charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs wurde in den Prä-Fragebögen von 80 % der Teilnehmenden und in den Post-Fragebögen von 93,33 % erreicht. Die Kodierungen in den Interviews zu den Kategorien in der Hauptkategorie CW1 werden in der Tabelle 39 dargestellt. Es zeigt sich, dass 60 % in der Lage sind, sowohl die Oxide des Kohlenstoffs (CW1a) als auch die Oxide des Stickstoffs (CW1b) zu nennen. Es wird hier erneut deutlich, dass sich Interviews nicht sonderlich eignen, erworbenes chemisches Wissen darzustellen und zu messen.

Tabelle 39: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW1 zu den charakteristischen Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien der Hauptkategorie charakteristische Eigenschaften (CW1)			CW1a: Nennung der Oxide des Kohlenstoffs	CW1b: Nennung der Oxide des Stickstoffs	CW1c: Nennung der Aggre- gatzustände	CW1d: Charakteristi- sche Eigen- schaften der Oxide des Kohlenstoffs	CW1e: Charakteristi- sche Eigen- schaften der Oxide des Stickstoffs	CW1 insgesamt
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko I	Summe	3	3	0	1	0	7
		Summe in %	60,00	60,00	0,00	20,00	0,00	28,00
	MmK	Summe	5	5	5	5	5	25

Tabelle 40 visualisiert die Ergebnisse der Teilstudie 2 in der Hauptkategorie CW2 zur Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs. Die Produktion der Oxide des Kohlenstoffs in der Kategorie CW2a ist den Studierenden mit knapp 53 % in den Prä-Fragebögen

bereits recht geläufig, exemplarisch steht dafür die folgende Aussage: „Kohlenstoffdioxid wird zunächst einmal von jedem Lebewesen beim Atmen produziert. Darüber hinaus entsteht es bei Verbrennungen“ (BTMCA_SidL_Pr). In den Post-Fragebögen werden die Kodierungen auf zwei Drittel ausgebaut.

Tabelle 40: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW2 zur Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien der Hauptkategorie Bildung & Entstehung (CW2)			CW2a: Produktion der Oxide des Kohlenstoffs	CW2b: Freisetzungsorte der Oxide des Kohlenstoffs	CW2c: Produktion der Oxide des Stickstoffs	CW2d: Freisetzungsorte der Oxide des Stickstoffs	CW2 insgesamt
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Pr	Summe	8	3	5	2	18
		Summe in %	53,33	20,00	33,33	13,33	30,00
	Ko Po	Summe	10	8	12	11	41
		Summe in %	66,67	53,33	80,00	73,33	68,33
	MmK	Summe	15	15	15	15	60
	Diff Pr-Po	Diff in %	13,34	33,33	46,67	60,00	38,33

Die Ergebnisse der Interviews zur Hauptkategorie CW2 zur Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs können der Tabelle 41 entnommen werden. Für die Kategorien CW2a und CW2b zur Produktion und zu den Freisetzungsorten der Oxide des Kohlenstoffs konnte in keinem der Interviews eine Kodierung vorgenommen werden. Es zeigt sich hier, dass Interviews zur Erhebung von Daten zur Erfüllung dieser sehr reproduzierenden Kategorien nur bedingt geeignet sind, worauf in der Diskussion (vgl. Kap. 5.6) näher eingegangen wird.

Tabelle 41: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW2 zur Bildung und Entstehung der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien der Hauptkategorie Bildung & Entstehung (CW2)			CW2a: Produktion der Oxide des Kohlenstoffs	CW2b: Freisetzungsorte der Oxide des Kohlenstoffs	CW2c: Produktion der Oxide des Stickstoffs	CW2d: Freisetzungsorte der Oxide des Stickstoffs	CW2 insgesamt
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko I	Summe	0	0	1	2	3
		Summe in %	0	0	20,00	40,00	15,00
	MmK	Summe	5	5	5	5	20

Die folgende Passage kann anhand zweier Kategorien aufgeteilt werden, hier kann der erste Satz der Kategorie CW2c zur Produktion der Oxide des Stickstoffs zugeordnet werden und die restlichen Sätze benennen die Freisetzungsorte dieser Stoffe:

Das heißt, wir haben das zum Beispiel, wenn man nochmal die Stickoxide als Beispiel nimmt, viele in Verbrennungsprozessen. Da versteht man: Okay, gut das ist bei Autos zum Beispiel ganz oft der Fall. Der Motor wird warm. Wir haben Hitze, Verbrennungsprozesse, die können entstehen (1C4BV_SidL_I)

Tabelle 42 können die Ergebnisse zu den Folgen entnommen werden. Die Kategorie CW3a kodiert Aussagen dazu, dass CO₂ für den anthropogenen Klimawandel relevant ist, wie bspw. durch die folgende Aussage: „Ja, die Auswirkungen von Kohlenstoffdioxid sind, dass sie das Potential haben den Planeten zu erwärmen“ (EMUBX_SidL_Pr). BTMCA erläutert, dass es hier um unmittelbare Auswirkungen für Menschen geht, und nicht mittelbar, wie bei den Oxiden des Kohlenstoffs: „Bei den Stickoxiden gibt es dann eher Auswirkungen auch auf den Menschen, meistens sind das auch Atemgifte“ (BTMCA_SidL_Po).

Tabelle 42: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW3 den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Fragebögen von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien der Hauptkategorie Folgen (CW3)			CW3a: CO ₂ als relevant für anthropogenen Klimawandel	CW3b: Wirkungsweise Kohlenstoffdioxid als Treibhausgas	CW3c: Folgen des Klimawandels	CW3d: Gesundheitliche Aspekte der Stickstoffoxide	CW3e: Weitere Aspekte der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs	CW3 insgesamt
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Pr	Summe	2	1	0	2	2	7
		Summe in %	13,33	6,67	0	13,33	13,33	9,33
	Ko Po	Summe	9	4	3	8	7	31
		Summe in %	60,00	26,67	20,00	53,33	46,67	41,33
	MmK	Summe	15	15	15	15	15	75
	Diff Pr-Po	Diff in %	46,67	20,00	20,00	40,00	33,34	32,00

Die Tabelle 43 stellt die Ergebnisse der Interviews in der Hauptkategorie CW3 zu den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs dar. Die Kategorien CW3a, CW3b, CW3d und CW3e werden von zwei der fünf Interviewten und damit von 40 % erfüllt. In keinem der Interviews wurde auf die Folgen des Klimawandels eingegangen, sodass hier keine Kodierung vorgenommen werden konnte. Denn die Chemielehramtsstudierenden sind in den Interviews zwar auf die Auswirkungen in Bezug auf den Klimawandel eingegangen, jedoch nicht derart konkret, wie bspw. durch die Nennung der Versauerung der Meere oder dem Anstieg an Überschwemmungen, was mit Kategorie CW3c kodiert wird. Es zeigt sich hier, dass die Kodierregel nur eine Kodierung erlaubt, wenn die konkreten Folgen als Teil des chemischen Wissens klar benannt werden.

Tabelle 43: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie CW3 zu den Folgen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs als Teilaspekt des chemischen Wissens der Interviews von Teilstudie 2 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien der Hauptkategorie Folgen (CW3)			CW3a: CO ₂ als relevant für anthropogenen Klimawandel	CW3b: Wirkungsweise Kohlenstoffdioxid als Treibhausgas	CW3c: Folgen des Klimawandels	CW3d: Gesundheitliche Aspekte der Stickstoffoxide	CW3e: Weitere Aspekte der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs	CW3 insgesamt
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko I	Summe	2	2	0	2	2	8
		Summe in %	40,00	40,00	0	40,00	40,00	32,00
	MmK	Summe	5	5	5	5	5	25

Tabelle 44 zeigt untereinander die Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens der Follow-Up-Interviews im Vergleich zu den Interviews der Teilstudien 1 und 3. Da es sich um Follow-Up-Interview handelt, steht die Frage nach der Nachhaltigkeit des erworbenen Wissens im Fokus. In Summe zeigt sich, dass die Intervention im Hinblick auf den Erwerb von chemischem Wissen als nachhaltig anzusehen ist, da auch in den Follow-Up-Interviews nach mehreren Monaten viele Kategorien erfüllt werden konnten.

Tabelle 44: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des chemischen Wissens der Follow-Up-Interviews im Vergleich zu den Interviews der Teilstudien 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, IFU: Follow-Up-Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien der Hauptkategorien zum chemischen Wissen			CW1	CW2	CW3
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko I	Summe	22	12	25
		Summe in %	61,11	44,44	55,56
	Ko IFU	Summe	1	3	5
		Summe in %	8,33	33,33	33,33
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko I	Summe	6	7	10
		Summe in %	50,00	77,78	66,67
	Ko IFU	Summe	3	3	5
		Summe in %	37,50	50,00	50,00

In seinem Follow-Up-Interview resümiert der schon genannte Studierende U3KJTND7 aus Teilstudie 3, dass Mikroplastik die Menschen wegen seiner spezifischen Eigenschaften dauerhaft herausfordern wird: „Das ist halt das Besondere, dass Mikroplastik halt nicht verschwindet. Wir haben jetzt ein Problem geschaffen, das uns jetzt noch hunderte Jahre begleiten

wird“ (U3KJTND7_MP2_IFU). Durch dieses Zitat wird deutlich, dass sich die Chemielehramtsstudierenden auch im Anschluss an das Seminar mit den Inhalten reflexiv auseinandersetzen und für diesbezügliche Schlussfolgerungen ziehen. Ebenso haben die befragten Chemielehramtsstudierenden in ihren Follow-Up-Interviews den Blick zurück zum Anfang des Seminars gesetzt und auch nach Abschluss der Lernarrangements mit etwas Abstand bilanziert, was ihnen das Seminar gebracht hat. KVRVH aus Teilstudie 1 hat dies mit dem folgenden Zitat aus gemacht, indem sie Mikroplastik in Kosmetika (CW2a) in Bezug auf die mengenmäßigen Beiträge zur Mikroplastikemission einordnete:

Also interessant, finde ich, ist immer; bevor ich das Seminar bei dir hatte, dachte ich auch immer so, Hauptverursacher für Mikroplastik sind definitiv Kosmetika. Und dann haben wir ja mal so geguckt: Okay, was ist denn der Hauptverursacher? Kosmetika standen irgendwie an zehnter Stelle, auf jeden Fall zweistellig (KVRVH_MP1_IFU).

5.3 Zur Förderung des Grenzwertwissens: Untersuchungsfrage U1.2

Die Ergebnisse zur inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens der befragten Chemielehramtsstudierenden in Bezug zur Partizipation an Diskursen der SSI vor und nach der Intervention sind für die Hauptkategorien GW1 und GW2 für die entsprechenden Teilstudien 1, 2 und 3 in Tabelle 45 dargestellt. Die folgenden Tabellen sind analog zu jenen in Kap. 5.2 aufgebaut. Die Teilstudien sind untereinander abgebildet, dabei sind Teilstudie 1 und 3 direkt untereinander, da beide den SSI Mikroplastik behandeln und somit leichter zu vergleichen sind. Es sind jeweils die Summen und Summen in Prozent in Relation zu den maximal möglichen Kodierungen, berechnet aus der Anzahl der Teilnehmenden multipliziert mit der Anzahl der Kategorien, sowie die Differenzen zwischen den Prä- und Post-Fragebögen angegeben. Verglichen mit den Post-Fragebögen konnten in allen Teilstudien in beiden Hauptkategorien Verbesserungen erzielt werden. Für das Grenzwertwissen insgesamt erzielt die Teilstudie 1 mit ca. 28 % die größte Differenz zwischen Prä- und Post-Fragebögen. Teilstudie 2 erreicht mit knapp 48 % den größten Anteilswert in den Post-Fragebögen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Hauptkategorien des Grenzwertwissens in den Prä- und Post-Fragebögen vorgestellt. Zur Vertiefung der Ergebnisse aus den Post-Fragebögen werden die Daten aus den geführten Interviews und der Reflexionsaufgaben herangezogen.

Abbildung 19 visualisiert die vorgestellten Ergebnisse in einem Balkendiagramm, woraus ersichtlich wird, dass durch die Intervention jeweils positive Veränderungen in Bezug auf das Grenzwertwissen gemessen werden konnten. Vergleichbar sind hier die Ergebnisse in den Teilstudien 1 und 3

zum SSI Mikroplastik in den Post-Fragebögen, wenn die Veränderung des Wissens unterschiedlich ist, was jedoch eine Folge des fortgeschritteneren Studiums der Probanden aus Teilstudie 3 sein kann.

Tabelle 45: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Deduktiv gebildete Hauptkategorien zum Grenzwertwissen			GW1: Grenzwertcharakteristika	GW2: Grenzwertsetzung	Grenzwertwissen insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	8	7	15
		Summe in %	12,50	10,94	11,72
	Ko Po	Summe	31	20	51
		Summe in %	48,44	31,25	39,84
	MmK	Summe	64	64	128
	Diff Pr-Po	Diff in %	35,94	20,31	28,12
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	38	14	52
		Summe in %	32,76	12,07	22,41
	Ko Po	Summe	50	41	91
		Summe in %	43,10	35,34	39,22
	MmK	Summe	116	116	232
	Diff Pr-Po	Diff in %	10,34	23,27	16,81
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Pr	Summe	28	10	38
		Summe in %	46,67	16,67	31,67
	Ko Po	Summe	31	27	58
		Summe in %	51,67	45,00	48,33
	MmK	Summe	60	60	120
	Diff Pr-Po	Diff in %	5,00	28,33	16,66

Die Kategorie GW1a zur Intention von Grenzwerten ist erfüllt, wenn im Kontrast zur Funktion der grundlegende Zweck, die normative Funktion, von Grenzwerten benannt wird, der als Soll-Erwartung die Lebensgrundlagen erhalten oder sichern oder die Risiken verringern soll. Exemplarisch steht hierfür die Aussage von C73TK: „Diese sollen dafür sorgen, dass Menschen und die Umwelt vor Risiken, die der Stoff birgt, geschützt werden“ (C73TK_MP1_Po).

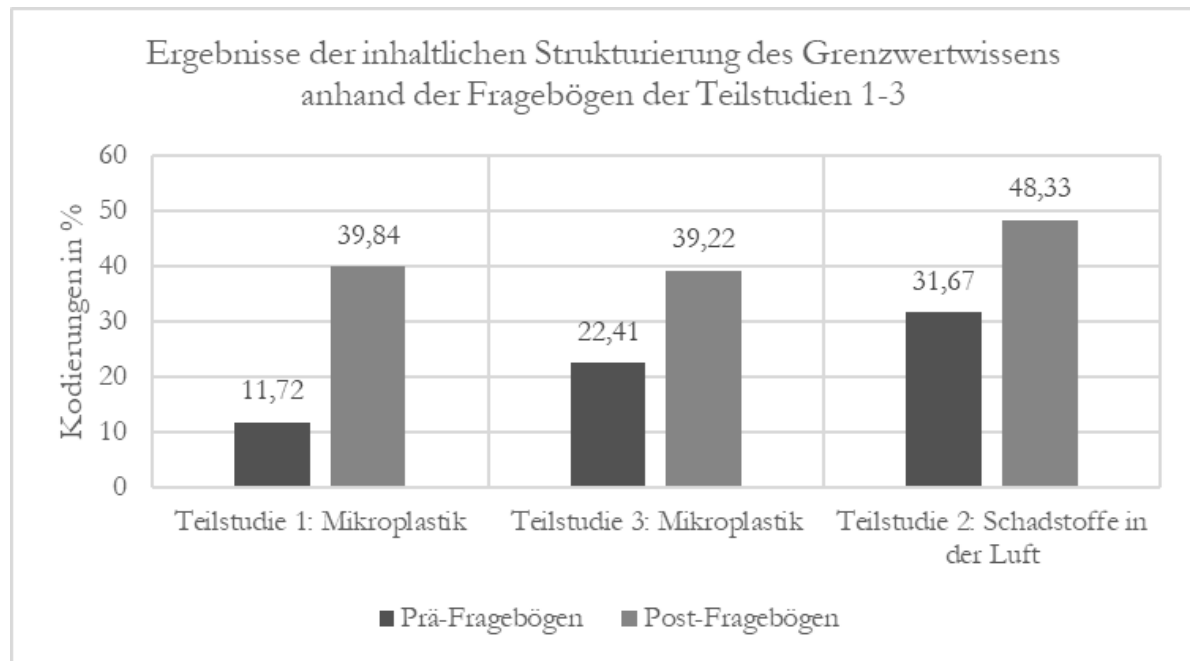


Abbildung 19: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung des Grenzwertwissens anhand der Fragebögen der Teilstudien 1-3 im Balkendiagramm zum Vergleich der Prä- und Postfragebogenergebnisse.

Im Folgenden wird auf die Kategorien des Grenzwertwissens einzeln eingegangen, dabei stehen die Fragebögen im Fokus, die dann mit den Daten der Interviews und Reflexionsaufgaben in Bezug gesetzt werden. In Tabelle 46 wird deutlich, dass in den Prä- und Post-Fragebögen besonders häufig die Funktionen (GW1b) von Grenzwerten kodiert worden sind. Beispielhaft für diese Kategorie stehen die folgenden Aussagen aus Teilstudie 1 und 2: „Grenzwerte zeigen an, ab welcher Konzentration ein Stoff gefährlich oder bedenklich ist. Dazu Paracelsus: "Die Menge macht das Gift."“ (HCQXA_MP1_Po) oder „Ab einem bestimmten Grenzwert besteht die Gefahr von gesundheitlichen Auswirkungen.“ (YQV6D_SidL_Po). Durch diese Aussagen wird die über Gefahren informierende Funktion von Grenzwerten illustriert. Während die über die regulierende Funktion in eine andere Sinnrichtung geht, was anhand der folgenden Aussage illustriert wird: „Ein Grenzwert ist ein Höchstwert, den eine Stoffemission, Lärm etc. erreichen darf“ (L6DNQ_MP1_Po).

Eine negative Differenz von Prä- nach Post-Fragebögen ergibt sich für Teilstudie 3 in der Kategorie GW1c zur Überwachung der Grenzwerte, hier wurde diese Kategorie im Post-Fragebogen einmal weniger erfüllt. Bei dieser Kategorie erläutern die Befragten, dass die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte mit standardisierten Methoden und durch den Staat erfolgt und dabei werden Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen problematisiert und reflektiert. Da dies nur bei Teilstudie 3 der Fall war, kann davon ausgegangen werden, dass die Kategorie mit ihrer Definition und Kodierregel passend ist, und sich diese Abweichung aus der spezifischen Zusammensetzung der

Probandengruppe ergeben hat. In Teilstudie 2 zu Schadstoffen in der Luft ergaben sich in Kategorie GW1b zu Funktionen von Grenzwerten im Prä-Fragebogen sehr viele Kodierungen und im Post-Fragebogen deutlich weniger. Dennoch ist diese Kategorie im Post-Fragebogen von zwei Drittel der Probanden erfüllt worden, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass die Probanden ihr Wissen nicht verloren haben, sondern es lediglich nicht ausgedrückt haben.

Tabelle 46: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie GW1 zu den Grenzwertcharakteristika als Teilaspekt des Grenzwertwissens der Fragebögen der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien der Hauptkategorie Grenzwertcharakteristika (GW1)			GW1a: Intention von Grenzwerten	GW1b: Funktionen von Grenzwerten	GW1c: Überwachung	GW1d: Konkreter Grenzwert wird benannt und diskutiert	GW1 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	1	6	0	1	8
		Summe in %	6,25	37,50	0	6,25	12,50
	Ko Po	Summe	10	12	3	6	31
		Summe in %	62,50	75	18,75	37,50	48,44
	MmK	Summe	16	16	16	16	64
	Diff Pr-Po	Diff in %	56,25	37,5	18,75	31,25	35,94
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	6	21	5	6	38
		Summe in %	20,69	72,41	17,24	20,69	32,76
	Ko Po	Summe	11	21	4	14	50
		Summe in %	37,93	72,41	13,79	48,28	43,10
	MmK	Summe	29	29	29	29	116
	Diff Pr-Po	Diff in %	17,24	0	-3,45	27,59	10,34
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Pr	Summe	4	14	5	5	28
		Summe in %	26,67	93,33	33,33	33,33	46,67
	Ko Po	Summe	11	10	5	5	31
		Summe in %	73,33	66,67	33,33	33,33	51,67
	MmK	Summe	15	15	15	15	60
	Diff Pr-Po	Diff in %	46,66	-26,66	0	0	5,00

Kategorie GW1d hat den konkreten Grenzwert zum Inhalt und hier zeigte sich bei den Studierenden in den Post-Fragebögen, dass sie in Bezug auf etwaige Grenzwerte von Mikroplastik Rückbezüge auf Aussagen zum chemischen Wissen, bspw. anhand des Erkenntnis- und Forschungsdesiderats zu Mikroplastik (CW3d), machen. Die Chemielehramtsstudierenden können hier ihr Wissen zu Mikroplastik mit dem Grenzwertwissen konkret verknüpfen – die folgende Aussage von ZNNIC steht für beide Aspekte:

Des Weiteren ist die Forschung auf dem Gebiet der Auswirkung von MP nur begrenzt sicher, ob MP überhaupt Auswirkung auf den menschlichen Organismus hat. Meines Wissens gibt es deshalb keine klaren Grenzwerte für MP (ZNNIC_MP1_Po).

Auch Teilstudie 3 liefert zu diesen Aspekten zahlreiche Beispiele. Hier illustriert MH9X3TK6, inwiefern die Erkenntnis- und Forschungslücke zu Mikroplastik Auswirkungen auf einen Grenzwertsetzungsprozess hat:

Es wäre super wichtig Grenzwerte definieren zu können, aber ohne bekannte Konsequenzen braucht man auch über die Definition etc. nicht zu diskutieren, denn dann kann man sowieso keinen Grenzwert festlegen (MH9X3TK6_MP2_Po).

Durch die zahlreichen hohen Differenzen zwischen Prä- und Post-Fragebögen ist der Differenzwert für Teilstudie 1 für die Hauptkategorie GW1 mit knapp 36 % entsprechend der größte, während der höchste Anteilswert insgesamt für die Grenzwertcharakteristika mit knapp 52 % in Teilstudie 2 zustande kommt.

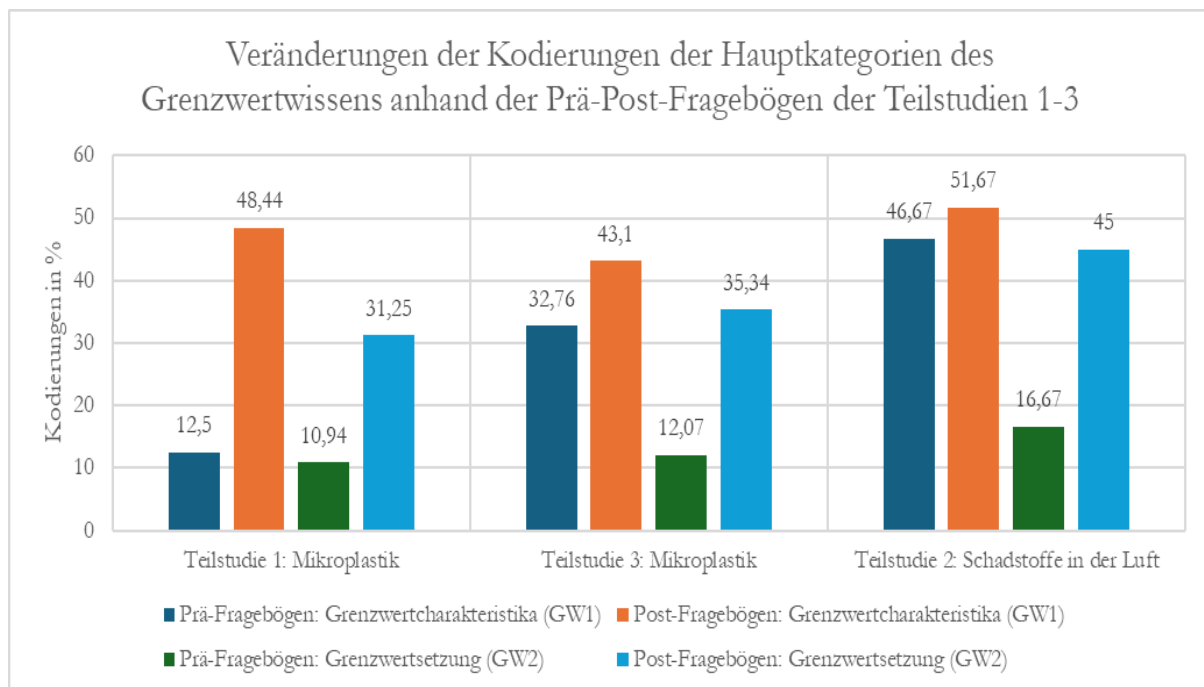


Abbildung 20: Visualisierung der Veränderungen der Kodierungen der Hauptkategorien des Grenzwertwissens anhand der Prä-Post-Fragebögen der Teilstudien 1-3 als Balkendiagramm.

Die deutlichen Verbesserungen der Chemielehramtsstudierenden durch die Intervention in Bezug auf das Grenzwertwissen in den verschiedenen Hauptkategorien werden in Abbildung 20 in einem Balkendiagramm visualisiert. Dabei sind für jede der drei Teilstudien die Ergebnisse der Prä- und Post-Fragebögen der beiden Hauptkategorien direkt nebeneinander dargestellt. Es wird anhand

der Balken in der Farbe Orange und Hellblau deutlich, dass in den Post-Fragebögen deutlich mehr Aussagen kodiert werden konnten, was gleichbedeutend damit ist, dass die Chemielehramtsstudierenden in ihren Fragebogenantworten mehr Wissen zeigen konnten. Tabelle 47 können die Ergebnisse der Interviews und Follow-Up-Interviews der Hauptkategorie GW1 zu den Grenzwertcharakteristika der Teilstudien 1-3 entnommen werden. In den Aussagen wurde dabei die Intention von Grenzwerten mit der Schutzfunktion mit Bezug auf den Menschen charakterisiert, wie bspw. 9N5VM aus Teilstudie 1 wie folgt formulierte: „Das heißt, wir müssen den Grenzwert so anpassen, dass es eben für die Menschen nicht gefährlich ist“ (9N5VM_MP1_I). In der Teilstudie 3 konnten die Interviews zwei Drittel und die Follow-Up-Interviews die Hälfte der möglichen Kodierungen erreichen.

Tabelle 47: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie GW1 zu den Grenzwertcharakteristika als Teilaspekt des Grenzwertwissens der Interviews und Follow-Up-Interviews von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, IFU: Follow-Up-Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien zur Hauptkategorie Grenzwertwissen (GW1)			GW1a: Intention von Grenzwerten	GW1b: Funktionen von Grenzwerten	GW1c: Überwachung	GW1d: Konkreter Grenzwert wird benannt und diskutiert	GW1 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Interviews	Summe	5	6	2	6	19
		Summe in %	55,56	66,67	22,22	66,67	52,78
		MmK	9	9	9	9	36
	Ko IFU	Summe	3	3	0	3	9
		Summe in %	100,00	100,00	0	100,00	75,00
		MmK	3	3	3	3	12
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Interviews	Summe	2	3	1	2	8
		Summe in %	66,67	100,00	33,33	66,67	66,67
		MmK	3	3	3	3	12
	Ko IFU	Summe	1	1	1	2	5
		Summe in %	50,00	50,00	50,00	100,00	62,50
		MmK	2	2	2	2	8
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Interviews	Summe	4	5	3	4	16
		Summe in %	80,00	100,00	60,00	80,00	80,00
		MmK	5	5	5	5	20
	Ko IFU	Summe	2	2	1	1	6
		Summe in %	100,00	100,00	50,00	50,00	75,00
		MmK	2	2	2	2	8

Auch hier wurde der Schutz der Gesundheit der Menschen häufiger genannt als der Schutz der Umwelt, was das folgende Zitat exemplarisch anhand der Antwort auf die Frage, was Grenzwerte leisten sollen, zeigt: „die [gemeint sind hier Grenzwerte, Anm. d. Verf.] dafür sorgen sollen, dass ein gewisser Schutz von uns besteht, zum Beispiel bei so maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen und so etwas“ (G3WDG2H7_MP2_I). Auffällig ist, dass in der Teilstudie 2 zu Schadstoffen in der Luft vermehrt auf Gesundheitsschutz und auf Umweltschutz eingegangen worden ist. Der folgende Interviewauszug ist dieser Kategorie zugeordnet worden:

Also Grenzwerte, das ist für mich persönlich sind [sic!] ein Schutz praktisch für die Gesundheit, vor allen Dingen von Mensch und Umwelt und auch Tieren und allen. Also sie schützen praktisch uns vor schweren Folgen, wie zum Beispiel dem Klimawandel (EMUBX_SidL_I).

Die folgenden Interviewauszüge zeigen, dass die Erläuterungen zur regulierenden Funktion von Grenzwerten (GW1b) sich immer, wenn auch implizit, auf die Intention von Grenzwerten, Gesundheit und Umwelt zu schützen und zu erhalten, beziehen und sozusagen die Anwendung der normativen Aussage auf die Realität darstellen:

Also Grenzwerte sind erstmal der Versuch einer Regulierung von, ja von der Abgabe von Stoffen in die Natur (3ONZDDG9_MP2_I).

Grenzwerte sind für mich festgesetzte, naja sagen wir mal Obergrenzen von Vorkommen bestimmter Substanzen in der Natur. Sagen wir mal, wir haben einen Grenzwert von Mikroplastik von so und so viel Gramm pro Kubikmeter Erde oder Quadratmeter Landfläche, dann wäre das quasi eine Grenze, die nicht überschritten werden darf. Und wenn dann durch eine Analyse oder eine Bodenprobe herauskommt, dass mehr da ist, dann wird irgendwo eine Ursache gesucht werden. Und die Ursache muss quasi aufhören mit dieser Umweltverschmutzung durch Mikroplastik (U3KJTND7_MP2_I).

Das zweite Zitat von U3KJTND7 illustriert beispielhaft, was zu passieren hat, wenn ein Grenzwert überschritten wird. In Bezug auf die Überwachung von Grenzwerten in Bezug auf Mikroplastik wurde auch darauf eingegangen, dass durch die Analytik zur Überwachung der zu untersuchende Stoff zerstört, was die Aussagekraft und Reproduzierbarkeit erheblich erschwert, oder durch die Rahmenbedingungen die Aussagekraft begrenzt werden kann. U3KJTND7 hat diese mit der Überwachung von Mikroplastikemissionen einhergehenden Implikationen wie folgt problematisiert:

Wenn jetzt flussaufwärts plötzlich irgendwie jemand naja ein Stückchen, einen Industrieunfall hat und dann Mikroplastik in den Fluss wirft, dann ist natürlich die komplette Probe hin. Die reine Infrarotspektroskopie ist natürlich eher fehlerfrei, am Ende, wenn es schon bereinigt wird, aber das Aufreinigen an sich kann natürlich unsauber gearbeitet werden. Da geht dann, vielleicht filtert man nur die Hälfte heraus. Oder man nimmt noch halt ganz viel, naja Verschmutzung, mit weiter herein. Oder man löst die organische Begleitmatrix vielleicht falsch auf und löst dann gleichzeitig Mikroplastik mit auf (U3KJTND7_MP2_I).

In der Kategorie GW1d zum konkreten Grenzwert sind die Ergebnisse der Teilstudien 1 und 3 gleich. In Bezug auf Mikroplastik wurde hier vermehrt auf die Problematik der nicht vereinheitlichten Definition problematisierend eingegangen:

dass Mikroplastik ein gesellschaftliches Phänomen ist, wo noch gerade dieses Unsichere in den Definitionen da ist, wo noch genau dieser Prozess da ist, überhaupt die Grenzwerte richtig festzulegen, auf einen gemeinsamen Nenner zu kommen, was Definitionen angeht. Ist auch ein Prozess, den man nicht so häufig beobachten kann, weil die meisten sind entweder schon abgeschlossen oder werden komplett neu aufgerollt (U3KJTND7_MP2_I).

U3KJTND7 zeigt mit diesem Zitat auf, dass Mikroplastik als SSI deshalb besonders ist, weil seine Definition noch unklar ist. 3ONZDDG9 aus Teilstudie 3 bringt mit der folgenden Aussage das Erkenntnis- und Forschungsdesiderat mit einem Entscheidungsprozess zu einem Grenzwert zusammen und problematisiert, dass aufgrund der Unsicherheiten der Wissenschaften die Gesellschaft, selbst wenn sie wollte, vor Herausforderungen steht:

Also das ist – ich glaube, da ist einfach die Zahl der Studien einfach noch nicht so aussagekräftig, dass es halt so im Moment auch noch wo man, was auch eine Grenzwertentscheidung dann einfach noch erschwert, weil das einfach ohne sehr, sehr belastbare sehr, sehr konkrete Daten der Fall ist (3ONZDDG9_MP2_IFU).

In den Reflexionsaufgaben konnte für die Kategorien GW1a zu den Intentionen, GW1c zur Überwachung sowie GW1d zum konkreten Grenzwert keine Kodierung vorgenommen werden. Einzig in der Kategorie GW1b zu den Funktionen von Grenzwerten konnte in einer Reflexionsaufgabe kodiert werden. Die folgende Textpassage ist die einzige Kodiereinheit, die in Bezug auf das Grenzwertwissen (GW1) in den Reflexionsaufgaben, kodiert werden konnte und hat eher einen evaluativen, denn einen inhaltlichen Erkenntnisbeitrag geleistet: „Zu Grenzwerten hatte ich vorher zum

Beispiel lediglich das Wissen, dass diese festgelegt werden und ab einem bestimmten Bereich schädlich sein können“ (9N5VM_MP1_RWa). Es wird deutlich, dass sich die Reflexionsaufgaben auch nicht zur Erhebung des Grenzwertwissens eignen.

Tabelle 48 zeigt die Ergebnisse der Prä- und Post-Fragebögen der Teilstudien 1- 3 zur Hauptkategorie GW2 zur Grenzwertsetzung. Die größte Veränderung in den Kodierungen zu den Kategorien zur Grenzwertsetzung von den Prä- zu den Post-Fragebögen in der Teilstudie 1 erfolgte in der Kategorie GW2a zur Grenzwertsetzung. Dabei steht die Politik als Entscheidungsebene am Ende eines mehrstufigen Entscheidungsprozesses und Einbindung der Wissenschaften, was V8UOP wie mit ihrer Fragebogenantwort wie folgt formulierte: „Grenzwerte sind durch eine wissenschaftliche Grundlage, politisch und rechtlich verbindlich festgelegte Richtwerte“ (V8UOP_MP1_Po). KMQQ8 kennzeichnet mit dem folgenden Teil seiner Fragebogenantwort, dass der festgelegte Grenzwert nicht aus der Sache selbst hergeleitet wird, sondern ein politisches Konstrukt ist: „Ein Grenzwert ist dementsprechend keine von der Natur gegebene Zahl, sondern ein juristisch festgelegter Wert“ (KMQQ8_MP1_Po). In Bezug auf Aspekte dazu, dass eine Grenzwertsetzung in einem kontroversen Prozess erfolgt, zeigt das folgende Zitat, dass Grenzwertsetzungsentscheidungen immer vor dem Hintergrund entstehen, bei dem etwas zugunsten eines höheren Werts, wie Gesundheit oder Umweltschutz, eingeschränkt wird:

Grenzwerte stellen immer einen Kompromiss aus dem politisch machbaren und den wissenschaftlichen Erkenntnissen dar und werden durch viele Interessenssphären beeinflusst. Hier zeigt sich ein Spannungsfeld zwischen der Wissenschaft, der Politik, aber auch der Wirtschaft und der Gesellschaft auf (3ONZDDG9_MP2_Po)

Dieser mitunter kontroverse Kompromiss, der in einem Spannungsfeld verschiedener Akteure entstanden ist, kann jedoch nicht alle Perspektiven im Sinne aller Akteure berücksichtigen. Ein Grenzwert, der dies gewährleisten würde, wäre damit ein *eierlegendes Wollschwein*. Wobei dieser Begriff einem Gedicht von Ludwig Renn (1959, S. 135) entnommen ist und, auch umgangssprachlich, eine Sache oder Person beschreibt, die, irrealerweise, allen möglichen Ansprüchen entspricht. Da dies in der realen Welt schwer umsetzbar scheint, benennen die Chemielehramtsstudierenden auch mögliche Schwierigkeiten von Grenzwertsetzungsprozesse in einer komplexen Welt. Die folgenden drei Aussagen reflektieren Beeinflussungen:

Besonders der normative Charakter von Grenzwerten ist ein Problem, da hier die wissenschaftlichen Erkenntnisse oft zu Gunsten der Wirtschaft/des Lebensstandards zurücktreten müssen (U3KJTND7_MP2_Po).

Ein weiteres Problem bei der Setzung von Grenzwerten ist, dass diese durch Lobbyismus, also durch die Zusammenarbeit von Politik und Industrie, beeinflusst werden (HTEB6_SidL_Po).

Der wichtigste Aspekt dabei ist die Abwägung von Kosten und Nutzen. Dabei stehen sich individuelle und gesellschaftliche Interessen oft gegenüber und im Widerspruch zueinander (FFWIA_SidL_Po).

Da SSI der Arbeitsdefinition (vgl. Kap. 2.1.4) dieses Forschungsprojekts folgend aktuelle, relevante, kontroverse und unstrukturierte gesellschaftliche Probleme mit moralischen Implikationen, die eingebettet sind in (natur-) wissenschaftliche Kontexte und eine offene Diskussion ermöglichen, darstellen, sind die von den Studierenden formulierten Aussagen, die dieser Kategorie zugeordnet worden sind, Zeugnis für einen gelungenen Kompetenzerwerb in Bezug auf SSI.

Tabelle 48: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie GW2 zur Grenzwertsetzung als Teilaspekt des Grenzwertwissens der Fragebögen der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien zur Hauptkategorie Grenzwertsetzung			GW2a: Grenzwertsetzung	GW2b: Grenzwertsetzung als kontroverser Prozess	GW2c: Erkenntnismethoden	GW2d: Grenzwertsetzung berücksichtigt Risikoabschätzungen	GW2 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	3	1	3	0	7
		Summe in %	18,75	6,25	18,75	0	10,94
	Ko Po	Summe	11	2	3	4	20
		Summe in %	68,75	12,50	18,75	25,00	31,25
	MmK	Summe	16	16	16	16	64
	Diff Pr & Po	Diff in %	50,00	6,25	0	25,00	20,31
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	3	0	9	2	14
		Summe in %	10,34	0	31,03	6,90	12,07
	Ko Po	Summe	11	11	8	11	41
		Summe in %	37,93	37,93	27,59	37,93	35,34
	MmK	Summe	29	29	29	29	116
	Diff Pr & Po	Diff in %	27,59	37,93	-3,44	31,03	23,27
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Pr	Summe	6	3	1	0	10
		Summe in %	40,00	20,00	6,67	0	16,67
	Ko Po	Summe	10	9	5	3	27
		Summe in %	66,67	60,00	33,33	20,00	45,00
	MmK	Summe	15	15	15	15	60
	Diff Pr & Po	Diff in %	26,67	40,00	26,66	20,00	28,33

Da Grenzwerte ein zentrales Steuerungselement der Politik von Gesellschaften in Bezug auf SSI ist, konnten die Chemielehramtsstudierenden hier besonders deutlich zeigen, dass SSI immer multiperspektivisch einzuschätzen sind und auch nach ihrer politischen Bearbeitung hinaus kontrovers sind und das Spannungsfeld bestehen bleibt. Dieses im Diskurs fortbestehende Spannungsfeld eröffnet damit einer Gesellschaft den Status quo zu verändern, um Problemlösekonzepte für die SSI demokratisch und partizipatorisch gesamtgesellschaftlich zu erringen.

In den Prä-Fragebögen von Teilstudie 1 und 2 zur Kategorie GW2d zur Berücksichtigung einer Risikoabschätzung konnte jeweils keine Kodierung vorgenommen werden. Die Kategorie GW2d, die die Bedeutung von Risikoabschätzungen bei der Festlegung von Grenzwerten zum Inhalt hat, wurde in den Prä-Fragebögen der Teilstudie bspw. nicht kodiert, wohl aber bei vier Personen in den Post-Fragebögen, die ihre Antworten mit dem SSI Mikroplastik vernetzt haben. KMQQ8 geht dabei in der Fragebogenantwort vor der folgenden Aussage darauf ein, dass zu Mikroplastik ein Erkenntnis- und Forschungsdesiderat bestehe (kodiert als CW3d), und schlussfolgert daraus: „Es kann noch keine Risikoabschätzung gemacht werden, ob Mikroplastik schädlich ist oder nicht, weshalb es aktuell sehr schwer ist einen Grenzwert festzulegen“ (KMQQ8_MP1_Po). HB0JU aus Teilstudie 2 beschreibt in seiner Fragebogenantwort im Post-Fragebogen, dass Risikoabschätzungen die (wissenschaftliche) Grundlage für die Grenzwertsetzung darstellen: „Um diese Grenzwerte festzulegen werden Risikoanalysen und Risikobewertungen vorgenommen“ (HB0JU_SidL_Po). Damit wird deutlich, dass die Chemielehramtsstudierenden gerade in Bezug auf die Regulation von SSI die von der Wissenschaft benannten Risikobewertungen als Grundlage für eine gesellschaftliche Entscheidung ansehen.

In der Tabelle 49 sind die Ergebnisse der Interviews und Follow-Up-Interviews der Teilstudien 1 bis 3 zu der Hauptkategorie GW2 zur Grenzwertsetzung abgebildet. Dabei wurde in den Interviews ausführlich von den Probanden erläutert, dass Grenzwertsetzungen Ergebnisse von komplexen Prozessen sind und hier viele Wissenschaften Beiträge liefern, damit die Politik aufbauend auf diese Beratungen fundierte Entscheidungen treffen kann. Die folgenden Interviewauszüge beschreiben diese Zusammenhänge:

Also die Politik wird da beraten von wissenschaftlichen Institutionen und die forschen da zum Beispiel zu (HTEB6_SidL_I).

Und dann muss die Politik die umsetzen, weil die Wissenschaftler*innen verabschieden hier keine Gesetze in unseren Ländern. Das heißt, da spielt dann natürlich so ein normativer Charakter mit herein (U3KJTND7_MP2_I).

Da in Grenzwertsetzungsprozessen verschiedene Akteure mitwirken, kann dies dazu führen, dass sich ein Spannungsfeld aus verschiedenen Interessenslagen ergibt. Dem ist so, da die Politik nicht nur von den Wissenschaften Anmerkungen zu Grenzwertsetzungen erhält, sondern auch weitere Akteure, bspw. aus der Wirtschaft, eigene Interessen haben, die in einer Demokratie von der Politik zu beachten sind, was das folgende Zitat illustriert:

Da gibt es natürlich Spannungen. Gerade auch hinsichtlich verschiedener Interessen. Weil gerade auch da eine riesige Lobby hinter steckt und auch politisch das unheimlich schwierig ist und die einen wollen dann natürlich höhere Grenzwerte haben, die Anderen niedrigere. Das ist natürlich unheimlich mit Spannungen und Reibungen verbunden (H435H_MP1_I).

Tabelle 49: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Kategorien der Hauptkategorie GW2 zur Grenzwertsetzung als Teilaspekt des Grenzwertwissens der Interviews und Follow-Up-Interviews von Teilstudie 1 und 3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, IFU: Follow-Up-Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen).

Kategorien zur Hauptkategorie Grenzwertsetzung			GW2a: Grenzwertsetzung	GW2b: Grenzwertsetzung als kontroverser Prozess	GW2c: Erkenntnismetho- den	GW2d: Grenzwertset- zung berücksich- tigt Risikoab- schätzungen	GW2 insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko I	Summe	7	7	3	4	21
		Summe in %	77,78	77,78	33,33	44,44	58,33
		MmK	9	9	9	9	36
	Ko IFU	Summe	3	3	1	3	10
		Summe in %	100,00	100,00	33,33	100,00	83,33
		MmK	3	3	3	3	12
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko I	Summe	3	2	2	2	9
		Summe in %	100	66,67	66,67	66,67	75,00
		MmK	3	3	3	3	12
	Ko IFU	Summe	2	2	1	0	5
		Summe in %	100,00	100,00	50,00	0	62,50
		MmK	2	2	2	2	8
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko I	Summe	4	5	3	3	15
		Summe in %	80,00	100,00	60,00	60,00	75
		MmK	5	5	5	5	20
	Ko IFU	Summe	2	1	0	0	3
		Summe in %	100,00	50,00	0	0	37,50
		MmK	2	2	2	2	8

Da die Politik vor der Aufgabe steht, die verschiedenen Akteursperspektiven abzuwägen, um der Mehrheit der Gesellschaft ein gutes Leben zu ermöglichen, entsteht bei der Grenzwertsetzung meist ein Kompromiss aus den verschiedenen Perspektiven. Dies haben die Chemielehramtsstudierenden in ihren Interviews bspw. wie folgt zusammengefasst:

Grenzwerte sind ein Kompromiss aus dem politisch Machbaren und dem, was die Wissenschaft sagt, irgendwie so ähnlich (3ONZDDG9_MP2_I).

Das heißt, ein Grenzwert ist so ein Mischmasch aus wissenschaftlichem Anraten und: Was traue ich der Bevölkerung zu oder Wirtschaft zu, ohne dass sie großen Schaden nimmt? (U3KJTND7_MP2_I)

Die Kategorien GW2a und GW2b sind auf Grundlage der Arbeitsdefinition zu Grenzwerten (vgl. Kap. 2.1.10) von einer Theorieebene aus abgeleitet worden. Dabei berücksichtigt die Kategorie GW2a die Grenzwertsetzung als interdisziplinären und gestuften Prozess der Entscheidungsfindung an dessen Ende die Politik, und nicht wie fälscherweise oft angenommen Wissenschaft, die Grenzwerte durch Gesetze oder Verordnungen setzt. Während Kategorie GW2b einen anderen Aspekt in den Fokus stellt, nämlich die Aushandlungsprozesse der verschiedenen Akteure im Diskurs. Dabei sind besonders die verschiedenen Akteure, die ihre Perspektiven in einen kontroversen Prozess einbringen, relevant. Viele der Chemielehramtsstudierenden nannten beide Aspekte in ihren Antworten, da beides in Bezug auf eine Grenzwertsetzung relevant, jedoch auf verschiedenen Ebenen. In den Follow-Up-Interviews, die mit etwas Abstand zum Projekt erfolgt sind, benannten die Interviewten sehr häufig Akteure, die aufgrund ihrer eigenen Interessen, Einfluss auf Entscheidungsprozesse nehmen und die Politik vor Herausforderungen stellt, einen für allen Akteure passenden Kompromiss zu entwickeln:

Also einmal Wissenschaft als Stelle, dann gibt es natürlich auch andere, also Interessengebiete oder Akteure, die da hereinspielen, wie zum Beispiel Unternehmen; werden auch vertreten in diesem Prozess, weil die ja auch dann zum Teil diejenigen sind, die diese Grenzwerte umsetzen müssen, beziehungsweise die ein Interesse haben, dass die Grenzwerte irgendwie in eine Richtung gehen. Das wäre zum Beispiel so und na ja, in der Mitte besteht die Politik, die dann deren Aufgabe es im Idealfall ist, das irgendwie auszutarieren und die Gefahren zu minimieren bei möglichst kleinem Impact, den das dann hat auch auf die Gesellschaft, oder genau (3ONZDDG9_MP2_IFU).

Die Ergebnisse der Interviews und Follow-Up-Interviews zum Grenzwertwissen und den entsprechenden Hauptkategorien der Teilstudien 1-3 werden in der Tabelle 49 dargestellt. Hier zeigt sich,

dass die Werte in der Teilstudie 1 von den Interviews zu den Follow-Up-Interviews in allen Hauptkategorien zunehmen, während sie in der Teilstudie 3 minimal abnehmen. Dies zeigt, dass sich die Chemielehramtsstudierenden über das Seminar hinaus gehend mit den Grenzwerten und ihren Implikationen auseinandergesetzt haben, was ein Hinweis auf eine nachhaltige Intervention ist. Anders als chemisches Wissen lässt sich das Grenzwertwissen mit Interviews vergleichsweise aussagekräftiger erheben, denn hier bestehen Möglichkeiten der Nachfrage und es können Denkanstöße gegeben werden, um auf vorhandenes Wissen zu schließen, während Denkanstöße im Hinblick auf chemisches Wissen viel vorgeben. Ebenso wird an den Ergebnissen aus Tabelle 49, die aggregierte Daten beinhalten, deutlich, dass gerade in Bezug auf den Umgang mit Aspekten von SSI, wie bei Grenzwerten, die Zeit zur Reflexion ein entscheidender Faktor ist.

KMQQ8 aus Teilstudie 1 hat im Interview ausführlich begründet, dass Risikoabschätzungen die Grundlage zur Setzung eines Grenzwertes (GW2d) sind, denn erst wenn ein Risiko überhaupt abgeschätzt werden kann, kann es, bspw. durch einen Grenzwert, reguliert und der Bevölkerung in Bezug auf die Notwendigkeit kommuniziert werden:

Wir können die Grenzwerte ja erst dann einführen, wenn die Gesellschaft im Grunde genommen weiß, wofür wir sie eigentlich brauchen. Ansonsten haben wir das Problem, dass die Gesellschaft sagt: Wofür? Ich weiß nicht warum. Ich weiß nicht wieso. Mache ich nicht. Und da ist dann einfach das Problem, dass wir diese Risikoabschätzung brauchen, um einen Grund dafür zu haben, warum wir eigentlich diese Grenzwerte einführen können (KMQQ8_MP1_I).

Da die Reflexionsaufgaben im eigentlichen Sinne zur eigenen Bilanzierung des mit dem Seminar verbundenen Lernprozesses eingesetzt worden sind, haben die Aussagen hier häufig einen evaluativen Charakter. Bspw. zählt H435H in Bezug auf GW2a auf, was im Seminar zum Thema Grenzwerte gelernt werden konnte: „Wie Festlegung von Grenzwerten und wie Politik etc. beeinflusst wird und wie und warum diese überhaupt festgelegt werden“ (H435H_MP1_RWa). 9N5VM reflektierte in Bezug auf den Einfluss von den verschiedenen Akteuren, dass durchaus die Findung eines Kompromisses für einen Grenzwert erschwert bis verhindert werden kann: „Durch entsprechende Lobbyismuserbeit kann in der Hinsicht also auch ein Grenzwert nicht gesetzt werden, obwohl dies eigentlich von Nöten wäre“ (9N5VM_MP1_RWa).

5.4 Zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI: Untersuchungsfrage 1.3

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Fragebögen und der Interviews (sowie der Reflexionsaufgaben zur Seminarphase Wissensaneignung von Teilstudie 1) zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI vorgestellt. Die verwendeten Tabellen sind analog zu jenen aus den vorherigen Kapiteln. Die Teilstudien werden untereinander visualisiert zusammen mit ihren erzielten Summen, prozentualen Summen den maximal möglichen Kodierungen sowie berechneten Differenzen zwischen Prä- und Post-Fragebögen und zwischen Interviews und Follow-Up-Interviews dargestellt. Die Ergebnisse der Prä- und Postfragebögen sind in der Tabelle 50 abgebildet.

In der Kategorie REa haben sich über die Teilstudien hinweg hohe Kodieranteile ergeben, was sich im Vergleich zu den anderen Kategorien der Hauptkategorie RE durch den hohen Anteil fachwissenschaftlich fundierter Reflexionen ergeben hat. Da die Chemielehramtsstudierenden in ihrem Studium viele fachwissenschaftliche Lehrveranstaltungen absolviert haben, haben sie durch ihren Ausbildungsstand bedingt, für diese Kategorie REa besonders gute Voraussetzungen für Kodierungen, im Vergleich zu den Kategorien REb zu Experten-Laien-Verhältnissen und REc zu konkreten Partizipationsmöglichkeiten einzelner Subjekte. Exemplarisch für eine Kodierung in Kategorie REa in den Teilstudien 1 und 3 zu Mikroplastik ist, dass besonders oft auf die fehlende einheitliche Definition von Mikroplastik mit verschiedenen Implikationen eingegangen wird. Um einen Einblick in die konkrete Argumentation der Chemielehramtsstudierenden zur Beantwortung des Fragebogens zu bekommen, werden im Folgenden verschiedene Ankerbeispiele vorgestellt. NDBLS0CA und U3KJTND7 aus Teilstudie 3 beschreiben, dass die fehlende Definition die Grenzwertfestlegung erschwert, da der Gegenstand unklar ist:

Mikroplastik ist nur ein Oberbegriff bei dem noch nicht einmal klar ist, was alles dazu gehört. Wenn wir einen Grenzwert festlegen wollen, ist es wichtig zu definieren, wie Mikroplastik aussieht (Größe) und, wie man die Grenzwerte kontrollieren soll. Dies ist aber schwierig, da keine einheitliche Größendefinition vorhanden ist (NDBLS0CA_MP2_Po).

Bei Mikroplastik speziell ist ein Problem, dass hier verschiedene Definitionen stark voneinander abweichen und dies den Prozess erschwert (U3KJTND7_MP2_Po).

Die Chemielehramtsstudierenden JP1MYBJS und 3ZVGN3DE benennen mit den Auswirkungen auf die Analytik konkrete Aspekte, die aus der uneinheitlichen Mikroplastikdefinition folgen:

Schwierigkeiten, die dies bedingen, sind die fehlende Definition, die nicht einheitlichen Analysemethoden (JP1MYBJS_MP2_Po).

Des Weiteren muss erst einmal eine universale Definition für die Partikelgröße festgelegt werden und dann entsprechende Modelle erstellt werden, um das Ausmaß der Belastung zu erfassen, da die reine Analyse von Proben auf dem ganzen Planeten zu aufwendig und kostenintensiv ist (3ZVGN3DE_MP2_Po).

Da nicht nur die Definition die Analytik erschwert, sondern der Gegenstand selbst analytisch schwer zu erfassen ist, wird von den folgenden Studierenden diesbezüglich Folgendes exemplarisch benannt:

Konkrete Bestandsmengen sind allerdings nicht erfasst (Mikroplastik), da es keine einheitlichen Analysemethoden gibt, um die Menge und ihre Auswirkungen genau bestimmen zu können. (Problem der fehlenden Definition kommt hinzu)“ (JP1MYBJS_MP2_Po).

Das größte Problem sehe ich darin, dass es noch immer sehr schwer ist Mikroplastik überhaupt nachzuweisen und man daher gar nicht weiß, mit welchen Mengen man es in Gänze zu tun hat. Darauf basierend ist der Grenzwert schwer festzulegen, da die absolute Menge nicht bekannt ist (HCQXA_MP1_Po).

Da die Analytik nicht um ihrer selbst Willen erfolgt, sondern um die Mengen und Auswirkungen von Mikroplastik zu untersuchen, gehen die folgenden beiden Studierenden auf diese Aspekte derart ein, als dass Mikroplastik als Faktor neben Weiteren in der Natur auftritt sehr aufwendig ist:

Es ist sehr schwer herauszufinden, welche Auswirkungen und Folgen Mikroplastik haben kann. Denn in der Regel tritt dieses nicht als alleiniger Faktor auf. Wenn sich beispielsweise Mikroplastik in Gewässern finden lässt, so lassen sich auch größere Plastikpartikel im Gewässer feststellen und es wird schwer zu differenzieren welche Plastikgröße nun welche Auswirkungen hat (9N5VM_MP1_Po).

Die Kategorie REb zur Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI auf der Ebene der Gesellschaft wurde in den Prä-Fragebögen der Teilstudie 1 nicht erfüllt, in denen der Teilstudie 2 und 3 von jeweils knapp 7 %. Das sind vergleichsweise niedrige Kodieranzahlen, die jedoch durch das Seminar gesteigert werden konnten.

Tabelle 50: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu SSI der Fragebögen der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI (RE)			REa: Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI (Ebene: Naturwissenschaften)	REb: Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (Ebene: Gesellschaft)	REc: Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen (Ebene: Subjekte)	RE insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	2	0	0	2
		Summe in %	12,50	0	0	4,17
	Ko Po	Summe	7	2	0	9
		Summe in %	43,75	12,50	0	18,75
	MmK	Summe	16	16	16	48
	Diff Pr & Po	Diff in %	31,25	12,50	0	14,58
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko Pr	Summe	4	2	1	7
		Summe in %	13,79	6,90	3,45	8,05
	Ko Po	Summe	8	6	3	17
		Summe in %	27,59	20,69	10,34	19,54
	MmK	Summe	29	29	29	87
	Diff Pr & Po	Diff in %	13,80	13,79	6,89	11,49
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko Pr	Summe	0	1	0	1
		Summe in %	0	6,67	0	2,22
	Ko Po	Summe	2	2	0	4
		Summe in %	13,33	13,33	0	8,89
	MmK	Summe	15	15	15	45
	Diff Pr & Po	Diff in %	13,33	6,66	0	6,67

In Teilstudie 2 zu den Schadstoffen in der Luft erläutert 4HKTM im Post-Fragebogen, dass ein Grenzwert für diese Stoffe, der das individuelle Leben der Bürger*innen, die hier Laien sind, aufgrund der Stoffeigenschaften und der nicht direkt auftretenden Auswirkungen schwer vermittelbar sei:

Die Vermittlung der Problematik und die konkreten Grenzwerte sind an Laien oftmals schwer zu vermitteln. Sie sind von dem Problem dieser Oxide nicht unmittelbar betroffen, bzw. kann es ihnen schwer fallen diese zu erkennen. Farblose Gase sind für sie nicht zu erkennen und die Schäden für den Menschen und die Umwelt treten nicht direkt auf und sind für sie erst langfristig zu erkennen. Jedoch sind die Einschränkungen für sie spürbar und kann sie in ihrem Leben beeinträchtigen (4HKTM_SidL_Po).

Da diese Kategorie jedoch die Ebene der Gesellschaft in den Blick nimmt und nicht nur die Kommunikationen zwischen Experten und Laien, können der Kodierregel und der Kategoriendefinition folgend auch Erkenntnisse der Naturwissenschaften in Bezug auf ihre An- und Verwendung in gesellschaftlichen Kontexten problematisiert werden. Dabei zeigte sich in den Post-Fragebögen häufig die Begründung, dass die Politik wegen des Erkenntnisdefizits, besonders bei Mikroplastik, nicht handlungsfähig sei, da die wissenschaftliche Grundlage fehle:

Da jedoch die Wissenschaft sich selber noch uneins ist, sei es in Hinblick auf Auswirkungen oder sogar die Größe und Beschaffenheit von Mikroplastik, setzt sich die Politik bisher wenig mit einer Setzung von Grenzwerten auseinander (9U0VB_MP1_Po).

Die Wissenschaft muss zunächst eine Gefährdungsbeurteilung erstellen/oder Ratschläge zur Festsetzung des Grenzwertes abgeben, worauf die Festlegung rein politischer Natur ist. Diese orientiert sich neben der Wissenschaft auch an den Werten/Normen einer Gesellschaft (U3KJTND7_MP2_Po).

Diese Argumentationen zielen damit mittelbar auch auf die Argumentation des ersten Ankerbeispiels zu dieser Kategorie bezüglich der Vermittlung an Laien, denn solange „die genauen Auswirkungen nicht bekannt sind, können schlecht Werte festgelegt werden, da sie nicht stichhaltig begründet werden könnten“ (U6DPTSV5_MP2_Po) und auch von der Gesellschaft nicht anerkannt werden würden. Aus diesen Herausforderungen heraus betonen die Chemielehramtsstudierenden als pragmatischen Umgang damit die Fassung eines Kompromisses. Hier beziehen viele der Chemielehramtsstudierenden in ihren Argumentationen die Politik mit ihrem Instrument des Grenzwertes ein, der im Optimalfall einen Kompromiss aus den Ansprüchen verschiedener Akteure darstellt. Die Akteure mit ihren Interessen werden von 3ONZDDG9 unter der Bezeichnung der politischen Machbarkeit gefasst:

Grenzwerte stellen immer einen Kompromiss aus dem politisch Machbaren und den wissenschaftlichen Erkenntnissen dar und werden durch viele Interessenssphären beeinflusst (3ONZDDG9_MP2_Po).

Für die Kategorie REc zur Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen konnte in den Teilstudien 1 und 2 weder in den Prä- noch in den Post-Fragebögen eine Kodierung vorgenommen werden, einzig in Teilstudie 3 konnte eine positive Veränderung erzielt werden. Es zeigt sich durch die, wenn vorhanden, durchweg positiven Differenzen, dass Wissen zur Reflexion dazugewonnen wurde, nur in der Kategorie zur Subjekt-Ebene zeigt sich dies nicht. In den Fragebögen wird diese Kategorie nur in der dritten

Teilstudie von einem Teil der Chemielehramtsstudierenden erfüllt und hier beziehen sich diese kritisch darauf, dass die Medien als Informationsquelle für die Meinungsbildung der Subjekte nicht unbedingt den Erkenntnisstand der Wissenschaft abbilden:

In den Medien wird Mikroplastik oft als sehr problematisch dargestellt, weshalb sich viele Bürger*innen auf die Information verlassen (HRISQB6H_MP2_Po).

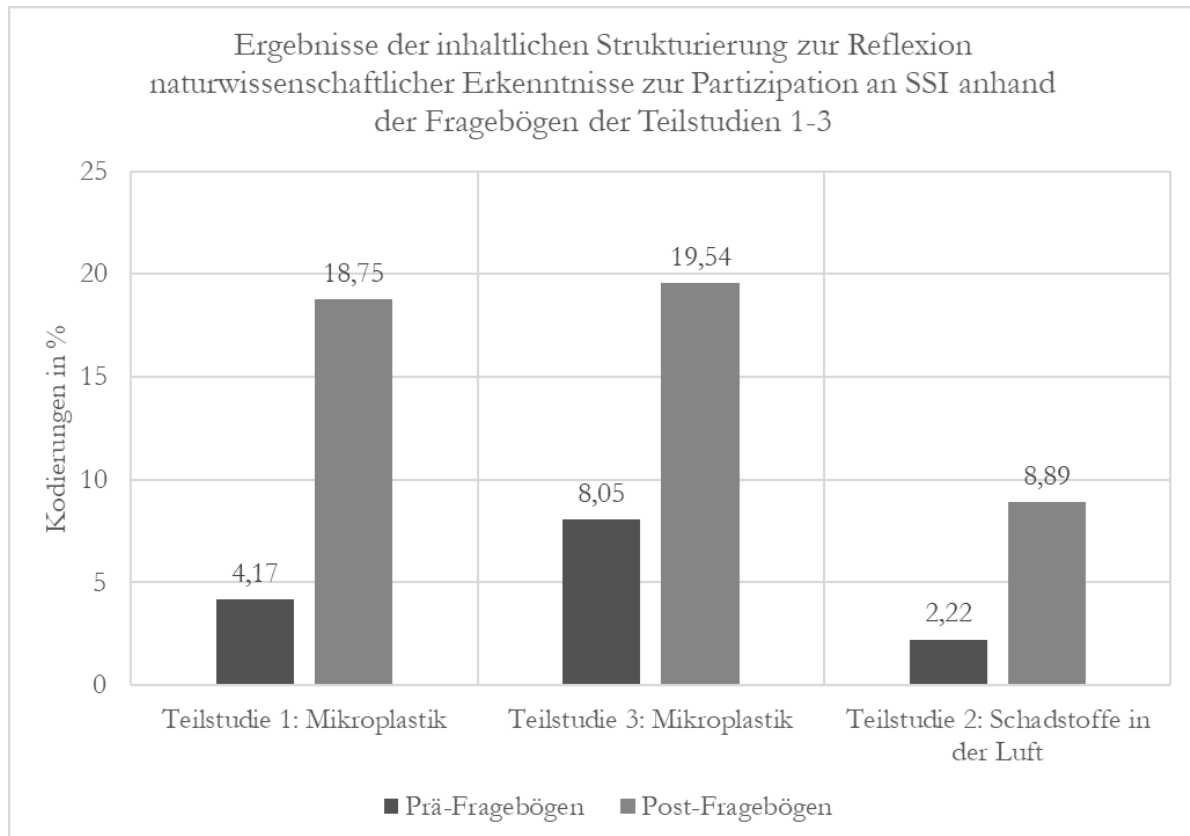


Abbildung 21: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI anhand der Fragebögen der Teilstudien 1-3 im Balkendiagramm zum Vergleich der Prä- und Postfragebogenergebnisse.

In Abbildung 21 sind die Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI anhand der Fragebögen der Teilstudien 1-3 im Balkendiagramm zum Vergleich der Prä- und Postfragebogenergebnisse visualisiert. Anhand dieses Diagramms wird deutlich, dass in allen drei Teilstudien im Post-Fragebogen erheblich mehr Kodierungen in dieser Kategorie zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI vorgenommen werden konnten. Teilstudien 1 und 3 weichen im Anteil an Kodierungen von Teilstudie 2 ab, denn in ersteren wurde ein deutlich höherer Anteil erzielt. Insgesamt bleiben die Post-Werte hinter den Erwartungen zurück. Auch zeigt sich, dass Post-Wissen auf der Ebene

der Naturwissenschaften am größten ist und dann in allen Teilstudien über die Gesellschaftsebene hin zur Subjektebene abnimmt.

In der Tabelle 51 sind die Ergebnisse der Interviews und Follow-Up-Interviews zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu SSI visualisiert. In der Kategorie REa zur Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI auf der Ebene der Naturwissenschaften erzielten alle Teilstudien positive Differenzen zwischen den Interviews und den Follow-Up-Interviews. Auch in den Interviews ergibt sich ein vergleichbares Bild, wie in den Fragebögen zu dieser Kategorie, denn „man muss ja eine Definition von einem Gegenstand haben, um da auch eine ordentlich fundierte Forschung zu haben“ (9U0VB_MP1_I). Dieses Argument wurde von U3KJTND7 aus Teilstudie 3 in seinem Interview ausführlich am Beispiel der Größenherausforderungen erläutert:

Man muss natürlich erstmal wissen, was Mikroplastik ist, um eine Studie darüber führen zu können und die vergleichbar zu haben. Die meisten Studien, die wir gefunden haben, hatten halt unterschiedliche Definitionen. Dann haben ein paar nicht mehr von Mikroplastik gesprochen ab einer bestimmten Größe, sondern dann von Nanoplastik, also noch kleineren Teilen. Und dann wusste man nicht mehr: Ja mit welcher Studie ist das jetzt noch vergleichbar von den Auswirkungen? (U3KJTND7_MP2_I).

Ebenso sind gerade bei den SSI Herausforderungen in Bezug auf die Analytik gegeben, die ausführlich problematisiert werden. Bspw. argumentiert V8UOP aus Teilstudie 1 damit, dass die Messungen von Mikroplastikkonzentrationen aufgrund der zu umfassenden Mikroplastikdefinition komplex seien:

zum anderen sind die Messungen von Mikroplastikkonzentrationen so schwierig und so aufwendig, weil es eben auch nicht nur, dass eine Mikroplastik gibt, sondern ja ganz tausende verschiedene Arten von Mikroplastik, weil es ja auch ganz viele verschiedene Arten von Kunststoffen gibt, was natürlich dann sich auch wieder auf die Messung auswirkt, nicht? Dass man natürlich dann auch andere Messmethoden benutzen muss (V8UOP_MP1_I).

Nicht nur auf einer Theorieebene ist die Analytik komplex, sondern auch praktisch, denn die Probennahme ist, wie U3KJTND7 erläutert, mit Herausforderungen verbunden: „Man muss die Begleitmatrix entfernen, also Sand, Staub, organische Reste, alles wegfiltern und am Ende dann auf ein sinnvolles Ergebnis kommen“ (U3KJTND7_MP2_I). In Teilstudie 2 zu den Schadstoffen in der Luft geht es weniger um definitorische Aspekte, denn um die Analytik. Die Studierenden hier

beziehen sich auf die Aussagekraft der Analytik. 1C4BV argumentiert hier, dass mit der gegebenen Analytik Nachweise zu den Auswirkungen von Schadstoffen in der Luft mit Unsicherheiten, besonders in Bezug auf Langzeitauswirkungen, verbunden sind:

Alles kann man halt auch nicht zu hundert Prozent nachweisen. Also da müsste es ja Studien geben über keine Ahnung wie viele Jahre (1C4BV_SidL_I).

Gerade in Bezug auf den SSI Schadstoffe in der Luft mit den Messstationen für die Luftqualität steht im bundesdeutschen Diskurs immer wieder die Frage danach im Raum, was die Messungen an einzelnen Standorten zur Luftqualität in einer Stadt bspw. insgesamt aussagen können. EMUBX aus Teilstudie 2 hat diese Argumentation mit dem folgenden Interviewauszug nachgezeichnet und die Grenzwertüberwachung über einzelne Messstationen problematisiert:

„Ja, vor allen Dingen, weil die Studien sich ja auch nicht; also sagen wir es mal so, diese Messungen sind sehr ungenau. Sie sind ja praktisch nicht über mehrere Jahre wirklich an einem Standort, sondern beziehen sich ja auf mehrere Standpunkte, die wirklich nur einmal oder ein paar Mal gemessen wurden und deswegen sehr undeutlich sind“ (EMUBX_SidL_I).

In allen Teilstudien erreichen alle Follow-Up-Interviews eine Kodierung in der Kategorie REb zur Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI auf der Ebene der Gesellschaft. In Teilstudie 2 zu Schadstoffen in der Luft resümiert HB0JU im Interview, dass Laien in Bezug auf SSI besonders herausgefordert sind, weil sie die Perspektiven der Wissenschaften nicht nachvollziehen können, aber auch keine Zugänge haben, wie sie ihre Fragen klären können oder zusätzliche Erläuterungen finden:

Also dadurch, dass halt die meisten Leute, denke ich mal, nicht so informiert, wie wir jetzt nach dem Seminar sind, weil sie sich halt einfach nicht damit beschäftigen oder nicht wissen, wo sie sich informieren können, liegt da, glaube ich, einfach die größte Herausforderung, dass einfach so eine Diskrepanz dazwischen ist zwischen so Wissenschaft und allen möglichen Laien, weil sie halt einfach keine Ahnung haben (HB0JU_SidL_I).

In Bezug auf Zugänge zu Informationen zu SSI dienen den meisten Laien die Medien. Dabei gibt es gegenwärtig verschiedenste Arten und durch die Verbreitung von Social Media auf verschiedenen Plattformen haben sich auch die Möglichkeiten zur Kontrolle der Glaubwürdigkeit verändert, was bspw. Höttecke und Allchin (2020) mit den Gatekeepern veranschaulichten. 3ONZDDG9 aus Teilstudie 3 ist darauf vertiefend eingegangen:

Und die Medien, kommt natürlich auch darauf an, also was zu deren, also da gibt es natürlich auch Qualitätsabstufungen, wenn man jetzt zum Beispiel Quarks mit der Bild-Zeitung vergleicht oder so, nicht? Das ist – und deswegen, ich glaube so funktioniert primär oder so hat auf jeden Fall lange Zeit die Kommunikation funktioniert und (...) jetzt mit Social Media ist es, glaube ich, dass auch manchmal so Schritte übersprungen werden von redaktioneller Bearbeitung, was nicht heißt, dass es das gar nicht gibt“ (3ONZDDG9_MP2_I).

Tabelle 51: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu SSI der Interviews und der Follow-Up-Interviews der Teilstudien 1-3 (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, I: Interviews, IFU: Follow-Up-Interviews, MmK: Maximal mögliche Kodierungen, Diff: Differenz).

Kategorien zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu SSI (RE)			REa: Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI (Ebene: Naturwissenschaften)	REb: Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (Ebene: Gesellschaft)	REc: Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen (Ebene: Subjekte)	RE insgesamt
Teilstudie 1: Mikroplastik	Ko I	Summe	5	8	6	19
		Summe in %	55,56	88,89	66,67	70,37
		MmK	9	9	9	27
	Ko IFU	Summe	2	3	2	7
		Summe in %	66,67	100,00	66,67	77,78
		MmK	3	3	3	9
Teilstudie 3: Mikroplastik	Ko I	Summe	2	3	3	8
		Summe in %	66,67	100,00	100,00	88,89
		MmK	3	3	3	9
	Ko IFU	Summe	2	2	2	6
		Summe in %	100,00	100,00	100,00	100,00
		MmK	2	2	2	6
Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft	Ko I	Summe	4	5	5	14
		Summe in %	80,00	100,00	100,00	93,33
		MmK	5	5	5	15
	Ko IFU	Summe	2	2	2	6
		Summe in %	100,00	100,00	100,00	100,00
		MmK	2	2	2	6

Gleichwohl haben die Chemielehramtsstudierenden vergleichsweise klassische Aspekte bezogen auf Experten-Laien-Kommunikationen benannt, wie bspw. den Eindeutigkeitsanspruch von Poli-

tik, Medien und Gesellschaft an Erkenntnisse von epistemischer Pluralität geprägter Wissenschaften (Leuschner, 2012), deren Ergebnisse mitunter vorläufig sind. V8UOP aus Teilstudie 1 hat dies anschaulich am Beispiel einer Publikation des Bundesamts für Risikobewertung illustriert:

Also wenn man das Bundesamt für Risikobewertung hatte, ich da glaube ich mal ein Zitat rausgesucht. Ja es ist wahrscheinlich nicht so, dass gesundheitsgefährdende Effekte ausgehen. Aber natürlich so, dass man sich da nicht festlegt, und ich glaube das eignet sich einfach nicht so richtig gut für eine spektakuläre Schlagzeile, die sich dann auch verkauft, nicht? ((lacht)) Und deswegen ist, glaube ich, so die Kommunikation Wissenschaft-Medien so ein bisschen schwierig, was das Thema Mikroplastik angeht, weil zum einen natürlich die Medien, aber auch die Bevölkerung, glaube ich, klare Fakten haben möchte, die Wissenschaft das aber im Moment natürlich nicht so kommunizieren kann (V8UOP_MP1_I).

Hier wird deutlich, dass die Kommunikationen zu SSI sowohl für Laien als auch für Experten herausfordernd sein können, da die jeweils anderen ganz andere Perspektiven auf und Anforderungen an Erkenntnisse haben. Die Medien als Vermittler zwischen Experten und Laien haben jedoch oft auch eigene Interessen. In allen Teilstudien liegt in der Kategorie REc zur Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen keine Differenz zwischen den Interviews und den Follow-Up-Interviews vor. In dieser Kategorie geht es um die individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen. Mit Hilfe dieser Kategorie werden verschiedenste Weisen der Partizipation erfasst, dabei reicht das Spektrum vom individuellen Konsum und dessen Reduktion bis hin zu Zusammenschlüssen mit anderen Menschen in gesellschaftlichen Bewegungen. Der individuelle Konsum bspw. von Gegenständen aus (Mikro-) Plastik kann, wenn es hoch skaliert wird, einen Einfluss auf die Emission haben. Dies erläutert ZNNIC aus Teilstudie 1 wie folgt:

Wenn ich das für mich in meinem Rahmen einschränken oder reduzieren kann und damit irgendwie helfen kann, wobei das natürlich so in kleinen Dimensionen ist, dass das jetzt nicht großartig was ändern wird, aber wenn das halt jeder machen würde, wäre es natürlich dann nochmal was anderes und da versuche ich auf jeden Fall dann drauf zu achten (ZNNIC_MP1_I).

Das Individuum kann nicht nur in Bezug auf Mikroplastik, sondern auch in Bezug auf Schadstoffe in der Luft in Bezug durch das eigene Handeln Veränderungen herbeiführen. Dazu führt 1C4BV

aus Teilstudie 2 viele kleine Verhaltensweisen, die in den Alltag integriert werden können, an und diese können, wenn viele Menschen sie umsetzen, eine große Wirkung haben:

Ob ich jetzt mein Kind mit dem Auto zur Schule fahre oder ob es zehn Minuten mit dem Fahrrad fährt, finde ich, kann dann auch so ein Oberstufenschüler schon mal für sich entscheiden und sagen, so: Okay, ich fahre jetzt halt mit dem Fahrrad zur Arbeit oder zur Schule oder so. Das sind halt alles so Kleinigkeiten. Aber wenn sich dann irgendwie schon 100 Leute oder 1000 Leute das gleiche denken, dann ist das irgendwann schon relativ viel, was man damit erreichen kann (1C4BV_SidL_I).

Der eigene Konsum ist für gesamtgesellschaftliche Veränderungsprozesse zu klein und zu individuell, weshalb U3KJTND7 aus Teilstudie 3 vorschlägt, dass aufgrund von politischen Entscheidungen der Plastikverbrauch reduziert werden könnte:

Gesamtgesellschaftlich müssen wir halt auch mehr darauf achten, dass wir generell unseren Plastikverbrauch reduzieren, dass wir Alternativen finden – da wo sich Alternativen finden lassen und unseren generellen Plastikmüll weiter reduzieren. Niemand braucht im Supermarkt eingepackte Äpfel oder so etwas zum Beispiel. Das heißt, an den Stellen, wo wir kein Plastik brauchen, es zu reduzieren, weil das kann definitiv nicht im Meer liegen bleiben und zu Mikroplastik degenerieren (U3KJTND7_MP2_I).

Durch solche Ideen im SSI-Diskurs können von den Bürger*innen heraus Veränderungen eingebracht werden und vielleicht können so Veränderungsprozesse angeregt werden. C73TK aus Teilstudie 1 hat in seinem Interview dafür geworben, dass bei noch mehr Menschen die Einsicht erzeugt werden sollte, dass die Politik handelt, wenn eine Nachfrage aus der Bevölkerung, ähnlich zum Verhältnis von Angebot und Nachfrage in der Wirtschaft, besteht:

Desto mehr Leute sich für das Thema interessieren, desto mehr wird die Politik da auch einlenken. Das ist halt wie in der Wirtschaft auch, also im Endeffekt Interesse und Handlung oder Nachfrage – genau dasselbe (C73TK_MP1_I).

HTEB6 aus Teilstudie 2 geht im Interview darauf ein, dass durch die Steigerung des Interesses bei Bürger*innen und deren Zusammenschluss in einer Bewegung ein Angebot der Politik bezüglich ihrer Interessen, wie bspw. Umwelt- und Gesundheitsschutz, eingefordert werden kann. HTEB6 spricht hier davon, dass so auch eine Art von Lobbyismus betrieben werden kann: „Aber doch glaube ich, dass es so eine Bewegung gibt, wie eben vor allem Fridays-For-Future, die mit Sicherheit

Einfluss auf die Politik hat und damit ja auch Lobbyismus betreiben“ (HTEB6_SidL_I) kann. Aufbauend darauf stellt 9N5VM aus Teilstudie 1 in seiner Interviewantwort die App Toxfox vor, mit den Individuen selbstständig Produkte auf ihre Inhaltsstoffe hin entschlüsseln können, was zu einer Mündigkeit im Konsumbereich beitrage:

Also man hat ja immer schön aufgelistet die Inhaltsstoffe und dann wirft man da als Nicht-Chemiker einmal den Blick drauf und dreht die Flasche ganz schnell wieder um, weil da ganz viele komplizierte Begriffe draufstehen. Aber im Endeffekt, ich habe auch, wir haben, es gibt ja diese App Toxfox, mit der man ja auch scannen kann. Wo man dann nicht nur Mikroplastiksachen gesagt bekommt, wenn die drin sind, sondern auch irgendwelche krebserregenden Stoffe. Und ich finde das schon auch irgendwie interessant, aber auch gleichzeitig schockierend, was alles so in den Produkten drin ist. Und das ist ja auch also, wenn man das nicht weiß auch gerade so, wenn man sich mit Plastik die Zähne putzt, das ist schon auch ein bisschen komisch (9N5VM_MP1_I).

Durch diese App kann das Individuum handlungsfähig gemacht werden und durch diese App seine Konsumententscheidungen begründeter treffen. 9N5VM reflektiert damit eine Partizipationsmöglichkeit der einzelnen Subjekte sich in der Welt zu orientieren. Dieses Ankerbeispiel ist gewählt worden, da hieran eine Möglichkeit zur Orientierung unter Hinzuziehung digitaler Technologien expliziert wird.

In den Reflexionsaufgaben gingen die Chemielehramtsstudierenden meist bilanzierend auf ihre Einsichten durch die jeweilige Phase ein. In Bezug auf die Kategorie REc ist die folgende Aussage eine Zusammenfassung der vielen Aussagen aus den Interviews zum Einfluss des individuellen Konsums: „Es wird ständig der Konsument für den hohen Plastikverbrauch verurteilt, obwohl das Problem nicht vom Konsumenten allein lösbar ist“ (AADM6_MP1_RWa). Charakteristisch an den Reflexionsaufgaben ist, dass die Chemielehramtsstudierenden sehr häufig Bezüge zu ihrem eigenen Leben herstellen. ZNNIC hat hier illustriert, wie sich das eigene Leben aufgrund des neu erworbenen Wissens durch das Seminar verändert hat:

In meinem privaten Umfeld versuche ich bereits als Verbraucher Plastikmüll zu reduzieren. Zum Beispiel haben wir uns einen Sodastream angeschafft und kaufen deutlich weniger Plastikflaschen. Bei Lebensmitteln ist es teilweise aber schwierig, plastikfreie Verpackungen zu kaufen. Ich habe mir auch bereits mehr Gedanken zu Mikroplastik in Kosmetik gemacht und werde künftig versuchen, beim Einkaufen auch hierdrauf mehr zu achten (ZNNIC_MP1_RWa)

5.5 Verwendete Quellen zur Beantwortung des Fragebogens: Untersuchungsfrage 1.4

Die Frage in den Fragebögen bezüglich der verwendeten Informationsquellen wurde induktiv im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015b) analysiert. Das verfolgte Ziel ist die Beantwortung der Untersuchungsfrage 1.4, die da lautet: Welche Informationsquellen werden zur Beantwortung der Fragen aus dem Fragebogen von den Chemielehramtsstudierenden herangezogen? Mit der Analyse wird untersucht, ob sich bei der Verwendung der Quellen Änderungen im Seminarverlauf ergeben haben. Die anhand der Antworten der Fragebögen aus der Teilstudie 1 gebildeten Kategorien wurden in einem Kategoriensystem abgebildet und als deduktives Kategoriensystem mit der Option auf Erweiterung bei Bedarf an die Antworten der Teilstudien 2 und 3 angelegt. Erweiterungen haben sich hier in Bezug auf die Kategorien nicht ergeben, da die Kategorien abstrakt genug waren, um verschiedene Informationsquellen ohne Probleme zuzuordnen. Im ersten Materialdurchlauf wurden zunächst gemäß dem Ablaufmodell von Mayring (2015b) die Antworten abstrahiert und in Kategorien zusammengefasst. Auf diese Weise konnten folgende sieben Kategorien gewonnen werden: *Institutionen (öffentlich, staatlich oder nichtstaatlich)*, *keine bzw. nicht ausreichende Quellenangabe*, *Massenmedien*, *populärwissenschaftliche Quellen*, *Seminarimpact*, *Vorwissen* sowie *wissenschaftliche Quellen*. Gleichwohl bleibt diese Differenzierung eine analytische, die durch die verwendeten Definitionen entsteht. Mit 16 Studierenden in der Teilstudie 1, 15 Studierenden in Teilstudie 2 und 29 Studierenden in Teilstudie 3 ergeben sich insgesamt 60 Studierende. Die Ergebnisse wurden binarisiert, sodass nur noch eine Kodierung in einer Kategorie in Abbildung 22 und in Tabelle 52 für eine*n Studierende*n steht. Im Folgenden werden die einzelnen Kategorien nach und nach sowie mit ihren jeweiligen Kodierungen summiert über die Teilstudien 1, 2 und 3 vorgestellt. Die Abbildung 22 zeigt die Ergebnisse der induktiven Kategorienbildung für alle Teilstudien summiert als Balkendiagramm.

In der Kategorie der *Institutionen* wurden öffentliche, staatliche und nichtstaatliche Institutionen zusammengefasst. Diese Medien verfolgen das Ziel, über Gegenstände des öffentlichen Interesses aufzuklären. Dabei handelt es sich bei den Institutionen hier im Vergleich zur Wissenschaft um Expert*innen, die ihre Expertise für die Ziele der Institution einsetzen und nicht zur genuinen Erkenntnisgewinnung. Wird als Quelle eine der Webseiten der EU angegeben, fällt diese als überstaatliche und öffentlich arbeitende Einrichtung in den Bereich der öffentlichen Institution und wird entsprechend kodiert. Ebenfalls in diese Kategorie wurden Quellen eingeordnet, die öffentlich arbeitende und nichtstaatliche Institutionen darstellen, wie eine Webseite einer geläufigen Kran-

kenkasse, die Welthandelsorganisation, das IPCC, der BUND, die Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina oder die Fraunhofer-Gesellschaft. Diese Kategorie umfasst neben den nicht-staatlichen Institutionen auch staatliche Institutionen, Quellen in diesem Bereich waren das deutsche und das österreichische Umweltbundesamt sowie die Berliner Wasserbetriebe. Mit Ausnahme des deutschen Umweltbundesamtes wurden nicht alle Quellen in allen Teilstudien verwendet. Dass der IPCC ausschließlich in der Teilstudie 2 zu Schadstoffen in der Luft verwendet worden ist, liegt auf der Hand, da sich der IPCC mit dem Klimawandel auseinandersetzt und nicht mit Mikroplastik.

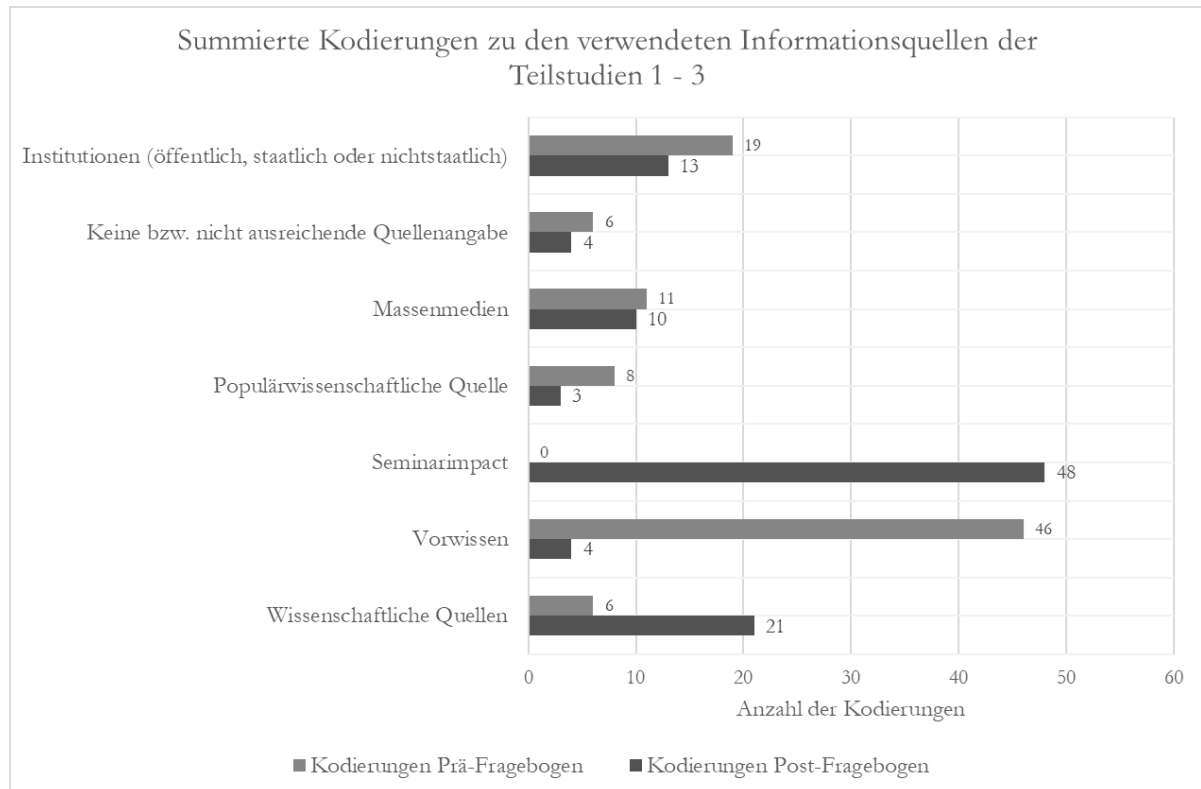


Abbildung 22: Ergebnisse der induktiven Kategorienbildung zu den verwendeten Quellen in den Prä- und Post-Fragebögen summiert über die Teilstudien 1 -3.

Eine engere Aufschlüsselung der verwendeten Quellen für den Vergleich der Teilstudien untereinander ist daher wenig sinnvoll. Abbildung 22 kann entnommen werden, dass die Verwendung von Quellen aus dem Bereich der öffentlichen, staatlichen bzw. nichtstaatlichen Institutionen von Prä- mit 19 Kodierungen nach Post-Fragebögen mit 13 Kodierungen abnimmt.

In der Kategorie *keine bzw. nicht ausreichende Quellenangabe* werden Kodierungen über Aussagen zusammengefasst, die entweder keine Quellen angegeben haben oder deren Quellenangabe derart unvollständig waren, dass eine korrekte Kategorienbildung nicht möglich war. Auch die Kodierungsanzahl in dieser Kategorie nimmt von den Prä-Fragebögen zu den Post-Fragebögen hin ab, während es in den Prä-Fragebögen noch 6 Kodierungen sind, wurden in den Post-Fragebögen nur

noch 4 Kodierungen vorgenommen. Während in allen Teilstudien in manchen Fragebögen keine Quellen angegeben worden sind, kam es in Teilstudie 1 in einem Prä-Fragebogen zu folgender Aussage: „kurz im Internet nachgeschaut und die von Google oben vorgeschlagenen Informationen genutzt“ (F6MKK_MP1_Pr). Dies ist zwar keine komplett fehlende Aussage zur verwendeten Quelle, die Angabe ist jedoch nicht ausreichend, um sie einer der anderen Kategorien zuordnen zu können, sodass diese Kategorienformulierung eingeführt worden ist.

Die Kategorie *Massenmedien* umfasst Kodierungen, welche Medien nennen, die für eine breite Masse an Rezipienten zugänglich sind, wie bspw. Zeitungsartikel. In diese Kategorien fallen neben Zeitungsartikel auch die Seiten von Wikipedia. Diese sind weder den populärwissenschaftlichen Quellen noch den Institutionen zuzuordnen. In Abbildung 24 zeigt sich, dass die Verwendung von Massenmedien in den Prä- und Post-Fragebögen mit 11 und 10 Kodierungen vergleichsweise ähnlich bleibt.

Im Vergleich dazu umfasst die Kategorie der *populärwissenschaftlichen Quellen* jene Medien, die das Ziel verfolgen, die Erkenntnisse der Experten aus der Wissenschaft den Laien zu vermitteln, dies kann z.B. eine Sendung von bzw. die Webseite der Sendung Quarks & Co sein. In diese Kategorie fallen auch Quellen wie Seilnacht, Chemie.de und wissenschaftliche Podcasts. Mit einer Anzahl von 8 Kodierungen in den Prä-Fragebögen nimmt die Verwendung populärwissenschaftlicher Quellen in den Post-Fragebögen mit einer Anzahl von 3 Kodierungen merklich ab.

Alle Bezüge in den Antworten auf die im Seminar vermittelten Inhalte werden von der Kategorie *Seminarimpact* abgebildet. Dazu zählen Materialien, welche zur Verfügung gestellt wurden, ebenso wie die Materialien, die, wie die Concept-Map, von den Studierenden erstellt wurden. Da alle im Seminar verwendeten Materialien im Vorfeld auf ihre Verlässlichkeit geprüft worden sind, ist diese Kategorie in Abgrenzung zum Vorwissen erstellt worden. In dieser Kategorie werden nur dann die Seminarmaterialien kodiert, wenn diese nicht konkret angegeben worden sind, wie in der folgenden Aussage, andernfalls wurden sie in *wissenschaftliche Quellen* eingeordnet: „Die Quellen sind die Literatur, die wir in dem Seminar ‚Ausgewählte Themengebiete des Chemieunterrichts‘ bekommen haben“ (TR9UMZLU_MP2_Po). Dass die Verwendung bei 0 in den Prä-Fragebögen liegt, bedarf keiner Klärung. Auffällig ist hier, dass die Inhalte des Seminars in einem derart großen Umfang in den Post-Fragebögen mit 48 Kodierungen verwendet worden sind. Dies entspricht 80 % der Studierenden.

Die Kategorie des *Vorwissens* selbst bedarf keiner näheren Erläuterung. Es handelt sich deshalb um eine Kategorie, weil sie verschiedene Formen des Vorwissens zusammenfasst, wie das Vorwissen

aus der Schulzeit in Abgrenzung zum Vorwissen aus dem Studium oder zum Vorwissen aus Medien oder von Freunden und Bekannten. Abbildung 24 visualisiert, dass die Verwendung des Vorwissens 46 Kodierungen in den Prä-Fragebögen betrug. Dies sind knapp drei Viertel der Studierenden. Im Vergleich zu den 4 Kodierungen in den Post-Fragebögen nimmt die Verwendung des Vorwissens rapide ab.

In der Kategorie *wissenschaftliche Quellen* werden wissenschaftliche Publikationen erfasst. Darunter fallen jene Medien, die das Ziel verfolgen, die wissenschaftliche Gemeinschaft über Forschungsprozesse und -ergebnisse in Kenntnis zu setzen. In dieser Kategorie wurden auch Aussagen kodiert, die konkrete wissenschaftliche Quellen angeben, die auch im Seminar verwendet worden sind. Aussagen, wie die folgende, wurden demnach hier kodiert: „Steffen et al 2015 Science planetary boundaries“ (JP1MYBJS_MP2_Po). Von 6 Kodierungen in den Prä-Fragebögen zu 21 Kodierungen und damit von 35 % der Studierenden verwendeten Quellenkategorie nimmt die Verwendung wissenschaftlicher Quellen zu. An dieser Stelle sei angemerkt, dass in Teilstudie 1 vier weitere Studierende, in Teilstudie 3 neun weitere Studierende und in Teilstudie 2 fünf weitere Studierende auf das Material im Seminar verwiesen und dieses in der Kategorie Seminarimpact kodiert ist. Damit sind weitere 30 % wissenschaftlicher Quellen in der Kategorie zum Seminarimpact integriert. In Summe verwenden demnach 70 % der Studierenden in den Post-Fragebögen wissenschaftliche Quellen, 35 % davon geben diese konkret an, 30 % verweisen auf die im Seminar verwendeten Materialien aus wissenschaftlichen Quellen.

Tabelle 52: Ergebnisse der induktiven Kategorienbildung zu den verwendeten Quellen in den jeweiligen Prä- und Post-Fragebögen der Teilstudien 1-3, sowie die Kodierungen insgesamt (Abkürzungen: Ko: Kodierungen, Pr: Prä-Fragebögen, Po: Post-Fragebögen).

Kategorie	Teilstudie 1		Teilstudie 3		Teilstudie 2		Insgesamt	
	Ko Pr	Ko Po	Ko Pr	Ko Po	Ko Pr	Ko Po	Ko Pr	Ko Po
Institutionen (öffentlich, staatlich oder nichtstaatlich)	9	3	4	4	6	6	19	13
Keine bzw. nicht ausreichende Quellenangabe	2	1	3	1	1	2	6	4
Massenmedien	4	2	4	4	3	4	11	10
Populärwissenschaftliche Quelle	3	0	0	1	5	2	8	3
Seminarimpact	0	15	0	22	0	11	0	48
Vorwissen	8	1	29	2	9	1	46	4
Wissenschaftliche Quellen	2	4	1	10	3	7	6	21
Summe	28	26	41	44	27	33	96	103

In der Tabelle 52 sind die Ergebnisse zu den verwendeten Quellenarten für die jeweiligen Prä- und Post-Fragebögen der einzelnen Teilstudien angegeben. Hier zeigt sich, dass die Veränderungen in

der Verwendung der Quellen von Institutionen einzig aus der Teilstudie 1 stammen und in dieser von 9 Kodierungen nach 3 Kodierungen abnehmen. Während in den Teilstudien 1 und 3 eine fehlende Quellenangabe abnimmt, nimmt sie in Teilstudie 2 um eine Kodierung zu. In Teilstudie 1 werden in den Post-Fragebögen weniger Massenmedien, in Teilstudie 3 gleich viele und in Teilstudie 2 eine Kodierung mehr kodiert. Die Verwendung populärwissenschaftlicher Quellen nimmt in den Teilstudien 1 und 2 von den Prä- zu den Post-Fragebögen ab, in Teilstudie 3 jedoch um eine Kodierung zu. In allen Teilstudien wird in den Post-Fragebögen deutlich weniger das Vorwissen als Quelle angegeben. Die Verwendung von wissenschaftlichen Quellen nimmt hingegen von den Prä- zu den Post-Fragebögen deutlich zu.

5.6 Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage

In diesem Kapitel werden die in den vorangegangenen Kapitel 5.2 bis 5.5 vorgestellten Ergebnisse der Teilstudien 1 bis 3 als Beitrag zur Beantwortung der ersten Forschungsfragen zur Befähigung zur Partizipation an Diskursen um ausgewählte SSI unter Berücksichtigung etwaiger Grenzwerte zusammengefasst und diskutiert. Um diese Forschungsfrage beantworten zu können, wurde sie in verschiedene Untersuchungsfragen, die spezifische Bereiche fokussieren, differenziert. Die Diskussion der Ergebnisse wird daher analog zum gesamten Kapitel anhand der Untersuchungsfragen zur ersten Forschungsfrage (vgl. Kap. 3.3) strukturiert. Dabei werden die Ergebnisse der einzelnen Erhebungsinstrumente, Aspekte der Nachhaltigkeit der Intervention und die Eignung der Erhebungsinstrumente diskutiert.

Die ersten Untersuchungsfragen (U1.1-U1.3) zielen darauf ab, Veränderungen durch die Lehrveranstaltung im Hinblick auf die verschiedenen Wissensbereiche chemisches Wissen, Grenzwertwissen und Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI jeweils zu messen. Untersuchungsfrage U1.4 zielt dabei darauf ab, zu untersuchen, welche Informationsquellen von den Chemielehramtsstudierenden zur Beantwortung der Fragen des Fragebogens vor und nach der Intervention verwendet wurden. Alle Untersuchungsfragen zielen auf die Analyse der Veränderungen durch die spezielle Lehrveranstaltung (vgl. Kap. 4.2) ab.

Die in Kapitel 5.2 bis 5.4 vorgestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Chemielehramtsstudierenden der verschiedenen Teilstudien ihr Wissen in allen Wissensbereichen (Untersuchungsfragen U1.1 bis U1.3) erweitern konnten. Zum direkten Vergleich sind in Abbildung 23 in einer Gitternetzgrafik die verschiedenen Kodierungsanzahlen in % der verschiedenen Wissensbereiche und Teilstudien zu den Erhebungszeitpunkten des Prä- und Post-Fragebogens dargestellt. Es zeigt sich,

dass die Werte der Post-Fragebögen in den Hauptkategorien immer deutlich über den jeweiligen der Prä-Fragebögen liegen. Damit ließe sich die Forschungsfrage auf einer deskriptiven Ebene derart beantworten, als dass durch das Seminar die Chemielehramtsstudierenden in allen Wissensbereichen befähigt worden sind, an Diskursen um SSI fachlich begründet zu partizipieren. Inwiefern die Befähigung gelungen ist, lässt sich mit einer Rangfolge der Wissensbereiche im Hinblick auf ihre Kodierungsanzahlen zeigen, wonach das chemische Wissen (U1.1) die höchsten Anzahlen erzielte, gefolgt vom Grenzwertwissen (U1.2) und die geringsten Kodierungsanzahlen haben sich im Bereich der Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI (U1.3) ergeben. Aufgrund der Ergebnisse kann in Bezug auf die aus der Literatur abgeleiteten Annahme 1 die Aussage getroffen werden, dass das entwickelte Seminar den jungen Menschen eine Lernsituation bietet, in der sie nachweisbar auf SSI anwendbares chemisches Wissen erwerben können. Anhand der positiven Veränderungen innerhalb der Kategorie zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI leistet diese Lehrveranstaltung einen Beitrag dazu, dass angehende Chemielehrer*innen mit Hilfe von NoS-Wissen und Medienkompetenzen naturwissenschaftliche Erkenntnisse und deren Geltungsgrenzen angemessen einzuschätzen können (vgl. Annahme 2 aus Kapitel 3.3). Durch die Steigerungen in den Kodierungen zum Grenzwertwissen konnten die Chemielehramtsstudierenden durch das Seminar Wissen erwerben, um Risiken zu SSI abzuschätzen und um einen gesellschaftlich aufgeklärten Umgang mit Risiken begründet zu begleiten, was einen Beitrag zu Annahme 3 aus Kapitel 3.3 leistet.

Aus der Struktur der Teilstudien stellt sich die Frage, inwiefern verschiedene SSI einen Einfluss auf die Befähigung haben. Dazu wurde nicht nur der SSI Mikroplastik, sondern auch die Schadstoffe in der Luft herangezogen. In Folgenden werden die Einflüsse der unterschiedlichen SSI auf die verschiedenen Wissensbereiche diskutiert. In Bezug auf das chemische Wissen, welches mit der Untersuchungsfrage 1.1 untersucht wurde, ergaben sich ähnliche Differenzen in den erfolgreichen Kodierungen, denn in Teilstudie 1 ergaben sich aus der Differenz der Kodierungen der Prä- und Post-Fragebögen der Wert von 29,69 % und in Teilstudie 2 zu Schadstoffen in der Luft ergab sich hier ein Wert von 28,57 %. Diese beiden Werte sind damit vergleichbar. In Teilstudie 3, die sich in Bezug auf Struktur der Teilnehmenden und des Lehrveranstaltungsformats von den anderen Teilstudien unterscheidet, ergab sich ein Differenzwert von 22,70 %. Damit ist dieser Wert im Vergleich zu Teilstudie 1 mit dem gleichen SSI geringer. Dies mag daran liegen, dass in diesem Seminar durch die geringe Anzahl an SWS weniger Zeit zur Auseinandersetzung mit SSI gegeben waren.

Die Ausgangslagen in den Prä-Fragebögen in Bezug auf das chemische Wissen waren die Teilstudien 1 und 3 zum SSI mit 32,29 % und 33,91 % an Kodierungen vergleichbar, während die Studierenden der Teilstudie 2 mit 40,95 % an Kodierungen einen höheren Wert im Prä-Fragebogen erreichten. Dies mag damit begründet werden, dass die Schadstoffe in der Luft mit ihren Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs deutlich mehr im gesellschaftlichen Diskurs waren (vgl. Kap. 3.1, 3.2, 4.2) und auch Jugendstudien belegen, dass diese Themen besonders wichtig sind (vgl. Kap. 2.2.3). 2002 verwiesen Weingart, Engels und Pansegrau (2002) darauf, dass schon 1986 „auf der Titelseite eines deutschen Nachrichtenmagazins die bildliche Horrorvision einer vom Menschen selbst erzeugten Klimakatastrophe: der Kölner Dom zur Hälfte unter Wasser“ (Weingart, Engels & Pansegrau, 2002, S. 9) in den Diskurs eingebracht worden ist.

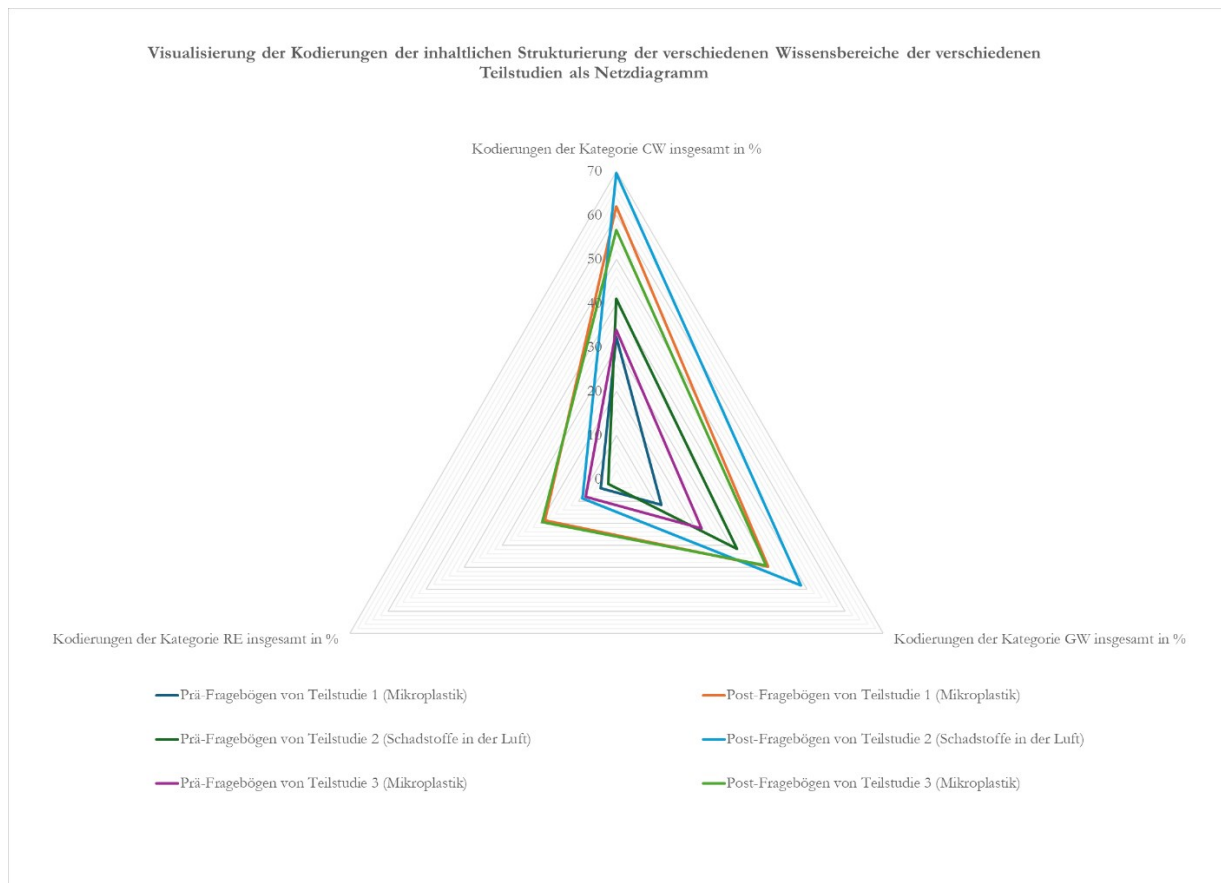


Abbildung 23: Übersicht über die Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der verschiedenen Wissensbereiche der Teilstudien der Fragebögen als Gitternetz.

Mikroplastik hingegen spielt im direkten Vergleich zu den Schadstoffen in der Luft im Diskurs eine nachgeordnete Rolle und ist weniger medial präsent. Mikroplastik ist im Unterschied zu Schadstoffen in der Luft aufgrund des Erkenntnisdesiderats weniger ausführlich untersucht, weshalb eine Regulation durch die Politik erschwert im Vergleich zu Schadstoffen in der Luft ist.

In Bezug auf die Ergebnisse der Untersuchungsfrage 1.2 zum Grenzwertwissen, erhoben durch die Fragebögen, fällt auf, dass sich in Teilstudie 1 im Vergleich zu Teilstudie 2 und 3 ein deutlich höherer Wert zur Differenz der Kodierungen von Prä- und Post-Fragebögen mit 28,12 % im Vergleich zu 16,66 % und 16,81 % ergibt. Dazu gilt es anzuführen, dass die Ausgangslage in Teilstudie 1 in den Prä-Fragebögen mit einer prozentualen Kodierungssumme von 11,72 % deutlich geringer als in der themengleichen Teilstudie 3 mit dort 22,41 % und zur themenungleichen Teilstudie 2 mit 31,67 % war. Dennoch zeigt ein Blick in die Daten, dass die Chemielehramtsstudierenden durch die Lehrveranstaltung am Ende in Bezug auf Mikroplastik auf 39,84 % (Teilstudie 1) und auf 39,22 % (Teilstudie 3) als prozentuale Kodierungssumme gekommen sind. Auch hier weicht der Wert der Teilstudie 2 in den Post-Fragebögen nach oben ab, was sich mit dem enormen Diskurs in den Medien zu Stickoxidgrenzwerten bei Kraftfahrzeugen, bspw. in der sog. Köhler-Debatte (vgl. Kap. 3.1.1 und 3.2.1) und Emissionsgrenzwerten von Kohlenstoffdioxid in internationalen Abkommen (vgl. IPCC, 2018) erklären lässt.

In Bezug auf die Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI, untersucht mit der Untersuchungsfrage 1.3, haben sich in den Teilstudie 1 und 3 zum SSI Mikroplastik mit 18,75 % und 19,54 % vergleichbare prozentuale Kodierungssummen in den Post-Fragebögen ergeben, während dieser Wert in Teilstudie 2 mit 8,89 % deutlich geringer ausgefallen ist. Nur in Teilstudie 3 konnten in der Kategorie REc zu individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen in den Fragebögen Kodierungen erfolgen. Da dies nur in dieser Teilstudie in den Fragebögen der Fall war, liegt die These nahe, dass sich dieses Ergebnis in Bezug auf die Strukturunterschiede der Teilstudien mit dem fortgeschritteneren Studium der Probanden deuten.

In den Interviews ergaben sich andere Kodierungsverhältnisse als in den Fragebögen, was in Abbildung 24 visualisiert ist. Es wird deutlich, dass sich die Interviews weniger zur Erhebung des chemischen Wissens (U1.1) eignen. Hier waren in Bezug auf den Interviewleitfaden (vgl. Kap. 4.3.3) wenige Gelegenheiten zu reproduzierenden Aussagen gegeben, denn es stand die Auseinandersetzung mit dem SSI als zentrales Problem im Fokus. Aus diesem Grund liegen die prozentualen Kodierungssummen in den diskursiven Wissensbereichen des Grenzwertwissens (U1.2) und zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen (U1.3) über den Werten in den Fragebögen. Dies kann damit erklärt werden, dass die Chemielehramtsstudierenden in den Interviews explizite Reflexionsanreize erhalten haben, um herausgefordert zu sein, ihre Kompetenzen zu zeigen. In Summe liegen die höchsten prozentualen Kodierungssummen in Teilstudie 2 zu Schadstoffen in der Luft vor, was auch als Folge dessen angesehen werden kann,

dass zu diesem SSI enormes Vorwissen vorhanden war und er, wie schon erläutert, seit Jahren im gesellschaftlichen Diskurs präsent ist.

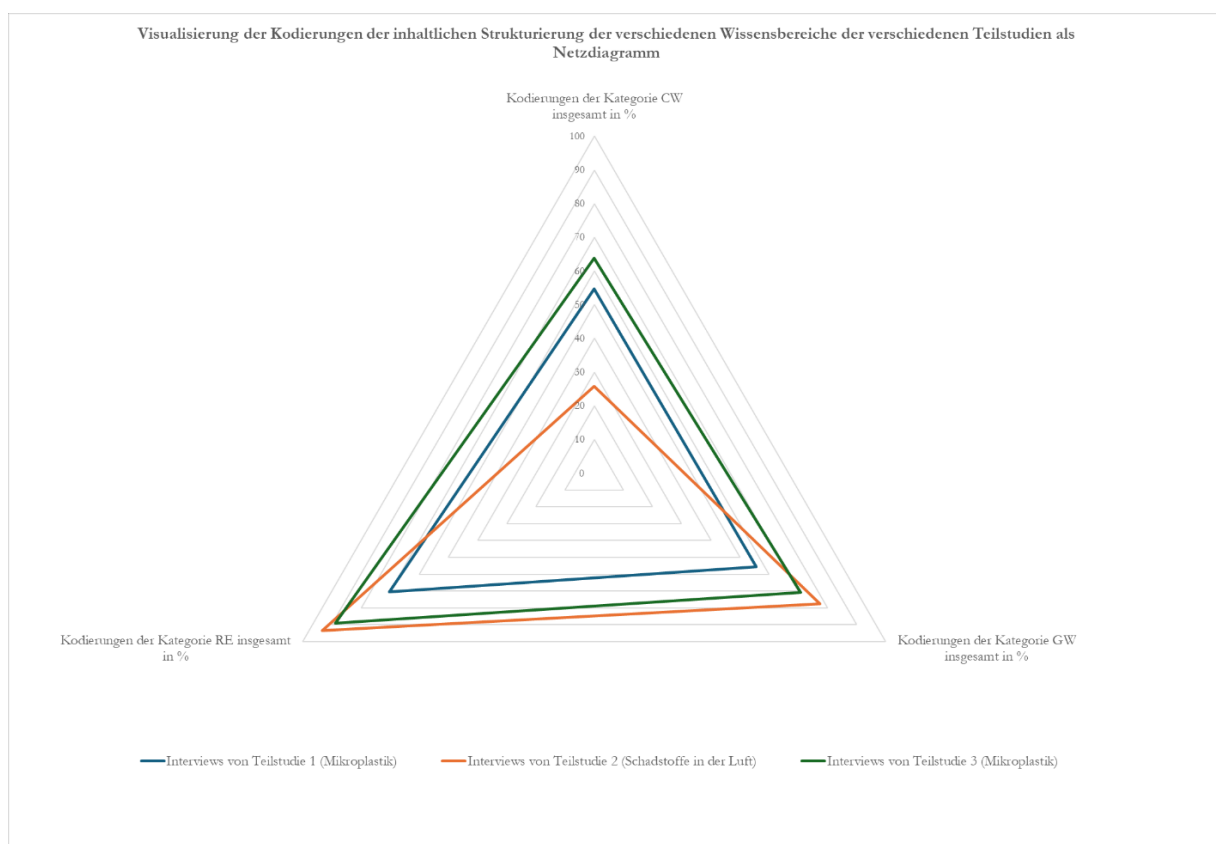


Abbildung 24: Übersicht über die Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung der verschiedenen Wissensbereiche der Teilstudien der Interviews als Gitternetz.

Erfreulich ist, dass in den Interviews die Kodierungen der in Bezug auf die Fragebögen diskutierten Kategorie REc deutlich gesteigert worden ist, sodass in den Teilstudien 2 und 3 in allen Interviews Kodierungen in dieser Kategorie vorgenommen werden konnten und in Teilstudie 1 immerhin zwei Drittel der Interviewten. Diese Kategorie ist deshalb besonders prominent, weil sie Aussagen wertet, die individuelle Möglichkeiten und Grenzen zur Partizipation an SSI-Diskursen kodiert. Im Einklang mit der ersten Forschungsfrage sind diese Kodiereinheiten ein Spiegelbild dessen, dass eine starke Mehrheit der Chemielehramtsstudierenden unmittelbare Handlungsweisen zur Partizipation an SSI-Diskursen reflektieren können. Diese Kategorie greift damit pragmatisch auf die Vorstellungswelt der Chemielehramtsstudierenden derart zu, als dass der von ihnen selbst bewusst gesehene Möglichkeitsraum zur partizipativen Handlung vermessen werden kann. Aufgrund dessen, dass in den Fragebögen sehr wenige Kodierungen diesbezüglich vorgenommen worden sind und auf Nachfrage in den Interviews sehr viele, kann davon ausgegangen werden, dass Kompetenzen diesbezüglich vorhanden sind, aber diese als so obligatorisch angesehen werden, dass sie nicht genannt werden müssen und auf Nachfrage erläutert werden.

In Bezug auf die Erhebungsinstrumente konnte mit den Fragebögen daher besonders das chemische Wissen (U1.1) und mit den Interviews das Grenzwertwissen (U1.2) und die Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen (U1.3) erhoben werden. Dies begründet sich damit, dass die Kategorien der inhaltlichen Strukturierung (vgl. Kap. 4.4.1) im Bereich des chemischen Wissens eher reproduktiv waren, während die anderen Wissensbereiche eher diskursiv-offen angelegt waren. Die Reflexionsaufgaben wurden zur Datenerhebung zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage nur in Teilstudie 1 herangezogen, da die Aussagen eher evaluierend und individuell waren, sodass mit ihnen die verschiedenen Wissensbereiche gut erhoben werden konnten. Diese Reflexionsaufgaben können daher eher als Teil der Intervention, in der sie sicherlich viele individuelle Denkprozesse anregen, angesehen werden, denn als Erhebungsinstrument. Die Hauptkategorien zum Grenzwertwissen (U1.2) und besonders zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen (U1.3) erzielten in den Interviews deutlich bessere Ergebnisse als in den Fragebögen. Das chemische Wissen (U1.1) konnte deutlich aussagekräftiger mithilfe der Fragebögen erhoben werden. Hier zeigt sich, dass sich die Interviews weniger für die Erhebung reproduzierenden Wissens und dafür stärker für kommunikatives und kontextualisiertes Wissen, wie das Grenzwertwissen und die Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen, aufgrund des kommunikativen Charakters von Interviews eignen. Aus diesen Gründen ergibt sich, dass durch die Triangulation verschiedener Erhebungsinstrumente die verschiedenen Wissensbereiche aussagekräftig erhoben werden konnten. Denn durch die Methodentriangulation wurden durch die verschiedenen Zugänge Erkenntniszuwächse ermöglicht, durch die Erkenntnisse auf unterschiedlichen Komplexitätsebenen gewonnen werden konnten (Flick, 2011). Die Fragebögen erlauben aufgrund ihres Einsatzes im Forschungsprojekt einen direkten Vorher-Nachher-Vergleich zur unmittelbaren Beurteilung der Intervention, während die Interviews ermöglichen, zum einen Erkenntnislücken aus den Post-Fragebögen zu schließen, zum anderen die Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden nach der Intervention vertiefend zu erfassen.

Zur Nachhaltigkeit der Intervention bezogen auf die Untersuchungsfragen U1.1 bis U1.3 sind die Ergebnisse der Follow-Up-Interviews zu betrachten. In diesen waren in den Bereichen des chemischen Wissens und im Grenzwertwissen der Teilstudie 2 und 3 (leichte) Rückgänge zu verzeichnen, doch auch in Bezug auf das Grenzwertwissen in Teilstudie 1 und in Bezug auf die Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen noch Steigerungen von durchschnittlich 8 % an prozentualen Kodierungssummen. Dies veranschaulicht die Nachhaltigkeit der Lehrveranstaltung und deutet darauf hin, dass die Befähigung zur Partizipation an SSI-Diskursen zu einem gewissen Grad gefördert werden konnte.

In Bezug auf die zur Beantwortung des Fragebogens verwendeten Informationsquellen (U1.4) kann ein positiver Einfluss des Seminars konstatiert werden, denn die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung wissenschaftlicher Quellen im Verlauf des Seminars zunimmt, während die Verwendung bspw. von Massenmedien abnimmt. In Summe wurden viele verschiedene Informationsquellen genutzt, wobei bemerkenswert ist, dass Gedanken und Materialien aus dem Seminar in den Post-Fragebögen genutzt worden sind, was zeigt, dass den Chemielehramtsstudierenden durch die Lehrveranstaltung Beiträge zum Kompetenzaufbau gegeben worden waren. Durch die Verfügbarkeit der Materialien aus dem Seminar liegt es nahe, dass die Chemielehramtsstudierenden diese Quellen besonders oft nutzten, da hier die Glaubwürdigkeit als gesichert angesehen werden kann. Ebenso manifestiert die Verwendung wissenschaftlicher Publikationen, dass das Seminar einen Beitrag geleistet hat, sich zur Orientierung in Diskursen um SSI mit den Sichtweisen der Wissenschaft auseinanderzusetzen und dass dieser Zugang anderen Zugängen, möglicherweise wegen der Glaubwürdigkeit und fachlichen Tiefe, vorzuziehen ist.

Zusammenfassend kann bilanziert werden, dass durch die Lehrveranstaltungen viele der Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um SSI befähigt werden konnten. Erfreulich ist, dass auch die konkret-pragmatischen Möglichkeiten zur Partizipation von einem Großteil der Chemielehramtsstudierenden gesehen worden sind. Ebenso kann in Bezug auf die Konzeption der Lehrveranstaltung gesagt werden, dass mit Bezug auf die Kategorie Effizienz in der effizienteren zwei SWS andauernden Lehrveranstaltung vergleichbare, d. h. effiziente, Ergebnisse erzielt werden können, sodass durch das Mehr an SWS aufgrund der Ergebnisse am ehesten mehr chemisches Wissen thematisiert werden kann. Wenn diese Lehrveranstaltung im Masterstudiengang angesiedelt ist, kann sicherer davon ausgegangen werden, dass die Chemielehramtsstudierenden einerseits zur Eigenarbeit in der Lage sind, andererseits fachdidaktische Grundlagen im Bachelorstudium vermittelt bekommen haben, weshalb der Anteil der Seminarphase Wissensaneignung etwas höher als hälftig angesetzt werden kann. Ebenso konnte eine Themenabhängigkeit in Bezug auf die Befähigung zur Partizipation an Diskursen um SSI nicht nachgewiesen werden, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass die Seminarstruktur die Grundlagen legt, etwaige Wissenslücken auffängt und mit Blick auf die Ergebnisse zu den Informationsquellen zur wissenschaftsgerechten Auseinandersetzung anregt.

6 Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage: Förderung von Kompetenzen zur Vermittlung einer SSI bezogenen partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung

Nachdem die Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage die Partizipation an SSI betreffend unter Berücksichtigung der verschiedenen Teilstudien vorgestellt und diskutiert worden sind, erfolgt nun darauf aufbauend die Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage zur Förderung von Kompetenzen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand der Themen Mikroplastik und Nitrate als SSI. Dabei liegt der Fokus darauf, wie adäquat die zum Thema Mikroplastik bzw. Nitrate konstruierten Lernarrangements der Chemielehramtsstudierenden in Bezug auf die mit SSI einhergehenden Implikationen zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung begründet worden sind. Da die Chemielehramtsstudierenden im Rahmen des Seminars die Lernarrangements entwickelt haben, werden diese zur Analyse der Vermittlungskompetenzen mit Hilfe der skalierenden Strukturierung im Kontext von Mayrings (2015b, S. 107) qualitativer Inhaltsanalyse untersucht und die Lernarrangements in den verschiedenen Einschätzungsdimensionen anhand von vier verschiedenen Niveaus kodiert (U2.1). Die Daten aus den Teilstudien 1 und 3, die Mikroplastik zum Inhalt hatten, sind sowohl in Bezug auf Forschungsfrage 1 als auch in Bezug auf Forschungsfrage 2 erforscht worden, weshalb anschließend die Probandenkompetenzen innerhalb der Untersuchungen zur Partizipation an SSI (Forschungsfrage 1) und zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI (Forschungsfrage 2) verglichen werden. Neben diesen Kompetenzausprägungen sind die grundsätzlichen Einstellungen der Chemielehramtsstudierenden unter Wertschätzung des Kompetenzbegriffs nach Weinert (2001) zu berücksichtigen, denn neben dem Kognitiven sind die „motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten“ (Weinert, 2001, S. 27) Teilelemente der Kompetenz. Um sich diesen Einstellungen zu nähern, werden zuerst die grundsätzlichen Einstellungen der Chemielehramtsstudierenden zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI (U2.2) unter Berücksichtigung möglicher Einschränkungen (U2.3) vorgestellt, um anschließend auf die aus Sicht der Chemielehramtsstudierenden wichtigen thematischen Aspekte (U2.4) einzugehen.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird berücksichtigt, dass verschiedene SSI ausgewählt worden sind, um themenspezifische Unterschiede zu erforschen – Teilstudie 1 und 3 hatten Mik-

roplastik zum Gegenstand und die Teilstudie 4 Nitrate. Teilstudie 1 fanden im vierstündigen Projektseminar mit Studierenden am Ende ihres Bachelors und zu Beginn ihres Masters statt, während Teilstudie 3 im Rahmen eines genuinen zweistündigen Fachdidaktikseminars für Masterstudierende und Teilstudie 4 im grundlegenden Fachdidaktikseminar im Bachelorstudium durchgeführt wurden, was Vergleiche hinsichtlich Studienfortschritt sowie Veranstaltungsformat ermöglicht.

6.1 Beschreibung der Rahmenbedingungen der Teilstudien

Tabelle 9 in Kapitel 4.1 visualisiert die durchgeführten Teilstudien überblicksartig und in diesem Kapitel sollen diesbezügliche Vertiefungen stattfinden. Die genaue Gestaltung des Lehrangebots mit den verschiedenen Seminarphasen ist in Kapitel 4.2 vorgestellt worden. Das Seminar von Teilstudie 1 fand aufgrund der COVID19-Pandemie 13 Wochen lang mit jeweils vier Stunden online statt. Für die neun Interviews dieser Teilstudie wurden Studierende aller Lehrämter ausgewählt. Die Interviews fanden immer im Anschluss an das Seminar statt. Aus dem Lehramt für Gymnasien und Gesamtschulen (GG) wurden fünf Studierende (mit den Codes H435H_MP1, ZNNIC_MP1, KVRVH_MP1, 9N5VM_MP1 und 9U0VB_MP1), aus dem Lehramt für Haupt-, Real- und Gesamtschulen (HRGe) wurden zwei Studierende (mit den Codes AADM6_MP1 und C73TK_MP1) und aus dem Lehramt für sonderpädagogische Förderung (SP) wurden zwei Studierende (mit den Codes V8UOP_MP1 und KMQQ8_MP1) interviewt. Es wurde darauf geachtet, dass bei den Studierenden für die Interviews alle Lehramtsstudiengänge vertreten sind. Follow-Up-Interviews sind mit drei folgenden Studierenden geführt worden (KVRVH_MP1, V8UOP_MP1 und KMQQ8_MP1).

Teilstudie 3 hat, wie Teilstudie 1 auch, Mikroplastik als SSI zum Thema und baut auf die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Studien mittelbar und unmittelbar auf Teilstudie 1 wegen der Themengleichheit auf. Diese Teilstudie leistet, wie auch Teilstudie 1, Beiträge zur Beantwortung der ersten und zweiten Forschungsfrage des Forschungsprojektes. Diese Teilstudie ist strukturell aufgebaut, wie die anderen Teilstudien auch. Im Vergleich zu Teilstudie 1 hatte das Seminar, in dem Teilstudie 3 durchgeführt worden ist, eine Seminareinheit mehr zur Verfügung. In diesem Seminar wurden in Seminarsitzung 12 fachdidaktisch-methodische Entscheidungen mit den Chemielehramtsstudierenden konkret besprochen und reflektiert. Das Seminar fand aufgrund der COVID19-Pandemie 14 Wochen lang mit jeweils zwei Stunden online statt. Für die drei Interviews dieser Teilstudie erklärten sich nur Studierende des Lehramts für Gymnasien und Gesamtschulen bereit. Die Interviews fanden immer im Anschluss an das Seminar statt. Die drei interviewten Studierenden hatten die folgenden Codes: G3WDG2H7_MP2, 3ONZDDG9_MP2 und U3KJ'TND7_MP2.

Follow-Up-Interviews sind mit den zwei folgenden Studierenden geführt worden: 3ONZ-DDG9_MP2 und U3KJTND7_MP2.

Teilstudie 4 zu den Nitraten als SSI wurde in einem Bachelorseminar in Präsenz im Sommer 2022 im Anschluss an die Restriktionen der COVID19-Pandemie durchgeführt. Daher unterscheidet sich das Seminar dieser Teilstudie nicht nur in Bezug auf inhaltliche, sondern auch im Hinblick auf organisatorische Aspekte. Diese Teilstudie ist strukturell aufgebaut, wie Teilstudie 1 und 3, hat nur als SSI die Nitrate zum Thema. Die genaue Gestaltung des Lehrangebots mit den verschiedenen Seminarphasen ist in Kapitel 4.2 vorgestellt worden. In dieser Teilstudie wurden, wie in Teilstudie 3, auch fachdidaktisch-methodische Entscheidungen in Seminarsitzung 13 explizit besprochen und reflektiert. Da dieses Seminar im Bachelorstudiengang angesiedelt war, wurden hier die durch die Modulhandbücher vorgeschriebenen fachdidaktischen Themen (Unterrichtskonzepte und -verfahren, Medien sowie Diagnose und Differenzierung) mit direkten Bezügen zur Entwicklung der Lernarrangements vermittelt. Für die drei Interviews dieser Teilstudie erklärten sich Studierende aus den Lehrämtern für Gymnasien und Gesamtschulen sowie aus dem Lehramt für sonderpädagogische Förderung bereit. Die Interviews fanden immer im Anschluss an das Seminar statt. Aus dem Lehramt GG wurden die zwei Studierenden mit den Codes UUGHLUFZ_Ni und JYZ9Q9CB_Ni und aus dem Lehramt für SP wurde ein*e Studierende*r mit dem Code 14K4FBKE_Ni interviewt. Follow-Up-Interviews sind mit diesen drei Studierenden geführt worden.

6.2 Zur Untersuchung der konzipierten Lernarrangements: Untersuchungsfrage 2.1

Im Folgenden werden die Ergebnisse der skalierenden Strukturierungen der von den Chemielehramtsstudierenden in den verschiedenen Teilstudien entwickelten Lernarrangements (vgl. Kap. 2.3.4) vorgestellt und diskutiert. Die Lernarrangements haben in den Teilstudien jeweils eine Doppelfunktion inne, denn sie werden als Instrumente sowohl zur Datenerhebung als Performanzprodukt der Kompetenzen als auch zur Kompetenzförderung über deren Konzeption und begründeten Reflexion nutzbar gemacht. Darüber hinaus dienen sie den Chemielehramtsstudierenden als konkrete Materialkorpora zur Konstruktion weitergehender Vermittlungsprozesse zur Multiplikation in Schule. Die verschiedenen Einschätzungsdimensionen zur Analyse der Lernarrangements wurden deduktiv abgeleitet (vgl. Kap. 4.4.3) und finden sich in der Arbeitsdefinition für Lernarrangements (vgl. Kap. 2.3.4) wieder. Der Begriff des Lernarrangements baut auf die Arbeiten von Kiper und Mischke (2004; 2006) sowie auch auf Bönsch (1997) auf. Diese sind nicht vergleichbar

mit Unterrichtsentwürfen in der zweiten Ausbildungsphase von Chemielehrer*innen, sondern sie bieten den Chemielehramtsstudierenden konkrete Anforderungssituationen (vgl. Lersch, 2007) um ihre Kompetenzen als Können zu zeigen. Die Produkte dieser Anforderungssituationen werden in diesem Kapitel nutzbar gemacht, um Schlussfolgerungen zur Förderung von Vermittlungskompetenzen bei Chemielehramtsstudierenden durch ein spezielles Lehrangebot, welches besonders die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand von ausgewählten SSI fokussiert, ziehen zu können. Darüber liefert das entwickelte Kategoriensystem zur skalierenden Strukturierung der Lernarrangements (vgl. Anton & Reiners, 2023; Anton & Reiners, 2024) ein Indikatorenset zur konkreten niveaubasierten Einschätzung und Reflexion von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung. Hervorzuheben ist, dass hier nicht untersucht worden ist, ob ein Aspekt vorhanden ist, sondern in welcher Ausprägung er vorhanden ist. Das entwickelte Kategoriensystem zur Analyse von Lernarrangements erlaubt eher eine niveaubasierte Graduierung. In diesem und den folgenden Kapiteln werden unter anderem zwei Tabellenvarianten verwendet. Beim Endniveau handelt es sich um das jeweils höchste erreichte Niveau einer Person. Des Weiteren werden für die Teilstudien 1 und 3 die Ergebnisse der einzelnen Probanden insgesamt, die Mediane und Modi sowie der Rang der Probanden im Vergleich mit den Probandenergebnissen zur Forschungsfrage 1 vergleichend abgebildet.

6.2.1 Einschätzungsdimension Ziele

Tabelle 53 zeigt die Anzahl der kodierten Niveaus als Summe und als Summe in Prozent mit der Angabe der insgesamt untersuchten Lernarrangements für die jeweiligen Teilstudien. Dabei zeigt sich, dass in allen drei Teilstudien ein Großteil der Studierenden in der Lage war, Niveau 3 zu erreichen, die Ziele dementsprechend in der Regel eine gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten enthalten, mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter curricularen Bezügen begründet sind und die Bedeutung für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung erläutert wird. Die Teilnehmenden der ersten Teilstudie Mikroplastik haben verglichen mit den Ergebnissen der Teilstudien 3 und 4 bezüglich des Niveaus 3 schlechtere Ergebnisse erzielt, dennoch konnten auch in dieser Studie über die Hälfte der Teilnehmenden in den Zielen Niveau 3 erreichen. In den beiden letzteren Teilstudien formulierten alle bzw. nahezu alle Studierenden Ziele, die sich Niveau 3 zuordnen ließen. Hier zeigt sich, dass die Studierenden dann höhere Niveaus in den Zielen erreichen, wenn im Seminar dafür mehr Zeit zur Verfügung steht.

Tabelle 53: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Ziele der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements)

Einschätzungsdimension Ziele		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Summe	8	22	19
	Summe in %	57,14	95,65	100,00
Niveau 2	Summe	12	23	19
	Summe in %	85,71	100,00	100,00
Niveau 1	Summe	13	23	19
	Summe in %	92,86	100,00	100,00
Niveau 0	Summe	1	0	0
	Summe in %	7,14	0,00	0,00
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Die erreichten Endniveaus in dieser Einschätzungsdimension der einzelnen Teilstudien sind in Tabelle 54 und in Abbildung 25 als Säulendiagramm dargestellt. Hier zeigt sich deutlich, dass Niveau 3 das häufigste Endniveau in allen Teilstudien ist. Niveau 0 wurde nur ein einziges Mal und dies in der Teilstudie 1 vergeben. Nach den Kodierregeln können für die Einschätzungsdimension der Ziele auch noch höhere Niveaus erreicht werden, auch wenn Niveau 0 vergeben worden ist – ein Fehler ist hier kein Ausschlusskriterium für höherwertige Kodierungen. Hier zeigen Tabelle 54 und Abbildung 25, dass es sich bei dieser einen Vergabe von Niveau 0 in der Teilstudie 1 um das erreichte Endniveau handelt, d. h. keine weiteren, höheren Niveaus vergeben worden sind. Das folgende Zitat illustriert, weshalb an dieser Stelle Niveau 0 vergeben worden ist:

Die Reihe ist geplant für den Themenblock Luft und Wasser in der Sekundarstufe I, da hier Fragen der Luftverschmutzung, des Abwassers und einige Nachweisreaktionen für Stoffe im Wasser angesprochen werden (Qua-LiS, 2019 Sek I.). Es erweitert Wissen, welches [für, Anm. d. Verf.] die SuS in der Reihe über Abwasser und Abwasser-Wiederaufbereitung [relevant ist, Anm. d. Verf.] (L6DNQ_MP1_La).

Hier werden die Inhalte wie Luftverschmutzung und Nachweisreaktionen benannt, das verwendete Verb „erweitert“ beschreibt jedoch kein konkretes Verhalten, sodass hier keine gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponente vorliegt. Anhand der folgenden beiden Zitate lässt sich besonders gut diese gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponente zur Erreichung von Niveau 1 darstellen. Sowohl die Aussage aus der Teilstudie 3 als auch die aus der Teilstudie 4 haben Niveau 1 erzielt.

Durch die Durchführung eines Planspiels zu einer Verordnung zur Begrenzung von Mikroplastik auf EU-Ebene diskutieren die SuS die Sinnhaftigkeit des Einsatzes von Mikroplastik und erweitern damit primär ihre Kompetenzen im Bereich Bewertung (0R81SE6W_MP2_La).

Indem die Schülerinnen und Schüler in der dritten Stunde ein Gruppenexperiment zum Nitratgehalt in verschiedenen Bodenproben durchführen und auswerten, erläutern und reflektieren sie die Belastung der Pedosphäre durch den abiotischen Faktor Nitrat (UUGHLUFZ_Ni_La).

Das Zitat von 0R81SE6W enthält die Inhalte der Verordnung zur Begrenzung von Mikroplastik und der Einsatz von Mikroplastik und kombiniert dies mit dem Verhalten „diskutieren“. Beide Inhalte sind für eine Diskussion geeignet, sodass hier von einer gegenseitig bezüglichen Inhalts- und Verhaltenskomponente gesprochen werden kann. Im nächsten Zitat von UUGHLUFZ ist der Nitratgehalt und „die Belastung der Pedosphäre durch den abiotischen Faktor Nitrat“ (UUGHLUFZ_Ni_La) der Inhalt und das Verhalten die Durchführung und Auswertung eines Gruppenexperiments und die Erläuterung und Reflexion dieser Belastung. Auch hier liegt eine entsprechende Inhalts- und Verhaltenskomponente vor, da sich die Verhaltensweisen in logischer Art auf die Inhalte beziehen. Während die Nitratgehalte verschiedener Proben untersucht und ausgewertet werden können, kann mit den Ergebnissen die Belastung durch Nitrat erläutert und reflektiert werden.

Tabelle 54: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Ziele der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).

Einschätzungsdimension Ziele: Endniveaus		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Anzahl	8	22	19
	Anzahl in %	57,14	95,65	100,00
Niveau 2	Anzahl	4	1	0
	Anzahl in %	28,57	4,35	0,00
Niveau 1	Anzahl	1	0	0
	Anzahl in %	7,14	0,00	0,00
Niveau 0	Anzahl	1	0	0
	Anzahl in %	7,14	0,00	0,00
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Zur Kodierung des zweiten Niveaus bedarf es einer Begründung des Ziels mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter curricularen Bezügen. Dies lässt sich an den folgenden Aussagen von 9U0VB und JYZ9Q9CB zeigen. In beiden Fällen werden zu erweiternde Kompetenzbereiche mit Verweisen auf die Kernlehrpläne angegeben. Während es sich bei dem Kompetenzbereich der Aussage von 9U0VB aus der Teilstudie 1 um den Umgang mit Fachwissen handelt, bezieht sich die Aussage von JYZ9Q9CB aus der Teilstudie 4 zu Nitraten auf die Kompetenzbereiche der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation.

Folgende Kompetenzen des Kernlehrplans Chemie (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2014, S. 45 ff.) erwerben die Schülerinnen und Schüler in diesem Lernarrangement: sie können Reaktionsabläufe unter dem Gesichtspunkt der Produktausbeute am Beispiel des Recyclings einer PET-Flasche erklären (UF4) (9U0VB_MP1_La).

Die Schüler*innen werden auch in den Kompetenzbereichen der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation gefördert, indem von den Schüler*innen erwartet wird, eine Hypothese aufgrund bereits vertrauter chemischer Konzepte und Alltagswissen zu formulieren (E3) und die Ergebnisse eines Experimentes zu dokumentieren (K1) sowie anderen Schüler*innen und der Klassengemeinschaft mitzuteilen (K4) (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019, S. 17f.) (JYZ9Q9CB_Ni_La).

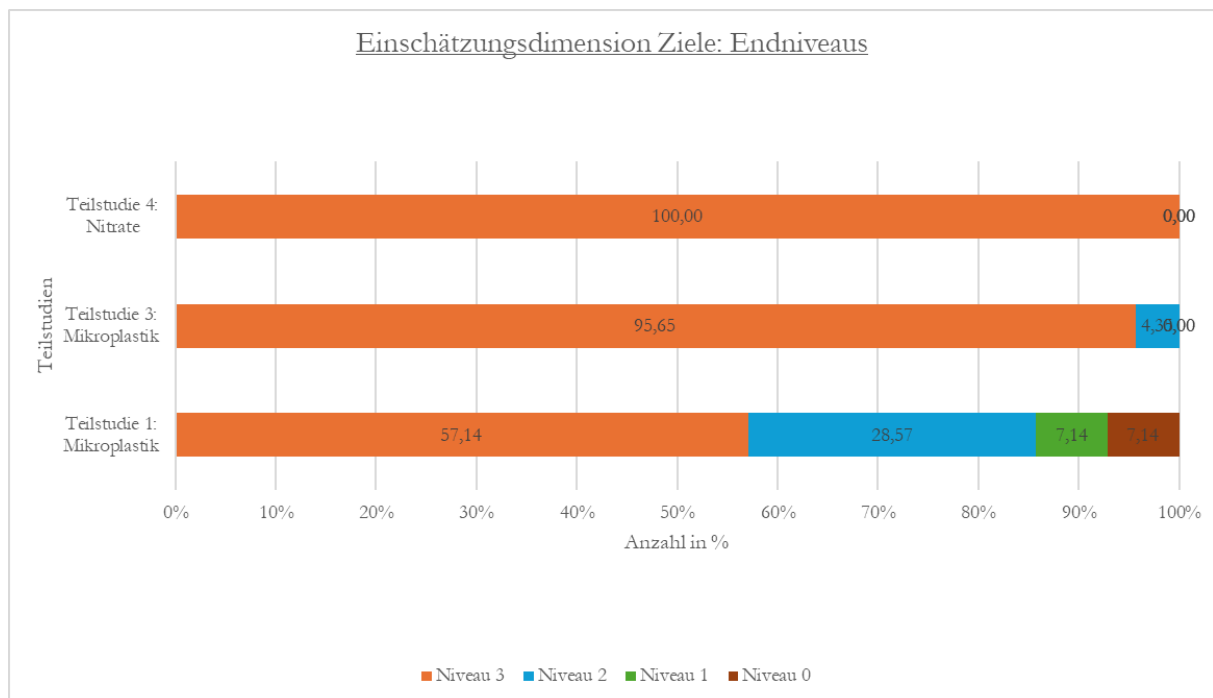


Abbildung 25: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Ziele der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus als Balkendiagramm.

Eine Erläuterung der Bedeutung des Ziels für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung führt zur Kodierung des Niveaus 3. Auch hier werden zwei Aussagen aus den Lernarrangements zur Verdeutlichung herangezogen, die erste entstammt der Teilstudie 2 und letztere der Teilstudie 4 zu Nitraten.

Die Unterrichtseinheit thematisiert zwei Bereiche mit einer hohen Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung. Zum einen wird die Thematik der Kläranlage behandelt. Kläranlagen stellen in unserer Gesellschaft eine Voraussetzung zur Erfüllung der menschlichen Grundbedürfnisse (Maslow, 1943) dar. Die SuS sollen dementsprechend die Funktion einer Kläranlage kennenlernen und experimentell nachvollziehen, wie das Abwasser aufbereitet wird. Sie sollen dabei die Gemeinsamkeiten der durchgeführten Versuche und der in der Kläranlage ablaufenden Prozesse erkennen. Neben dem funktionellen Aspekt sollen sich die SuS über die generelle Relevanz der Kläranlagen in unserer Gesellschaft bewusstwerden und grob den Kreislauf der Wasseraufbereitung nachvollziehen. Durch die geplante Tagesexkursion in die Kläranlage soll den SuS neben einer Vertiefung des erlernten Wissens (vgl. Kapitel 6 [des Lernarrangements, Anm. d. Verf.]) ein Ausblick auf mögliche Berufsfelder gegeben werden, in denen chemische Sachverhalte relevant sind (VWQYN1P_MP2_La).

Die Erläuterung der Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung der in der Unterrichtseinheit zu vermittelnden Inhalte verdeutlicht die Bedeutung für die Vermittlung einer SSI reflexiven naturwissenschaftlichen Grundbildung. Die naturwissenschaftliche Grundbildung selbst muss in der Aussage nicht genannt werden, um eine Kodierung in der Ausprägung Niveau 3 zu erreichen. Die folgende Aussage illustriert eine direkte Erläuterung der Bedeutung für die naturwissenschaftliche Grundbildung, sodass hier, da auch die vorherigen Niveaus 1 und 2 kodiert wurden, klar Niveau 3 kodiert werden konnte.

Bezüglich der naturwissenschaftlichen Grundbildung, die als wichtiger Bestandteil der Allgemeinbildung gilt, werden die SuS befähigt, sich aktiv an gesellschaftlichen Diskussionen über die Nitratbelastungen des Grundwassers zu beteiligen (Bundesrepublik, 2004, S. 6). Ferner können sie durch das erworbene Fachwissen zum Thema Nitrate politische Entscheidungen und Maßnahmen, die Emissionen von Nitraten begrenzen sollen, nachvollziehen. Auf das gesamte Lernarrangement bezogen zählen dazu beispielsweise Konzepte, wie die „planetaren Grenzen“ (Gerten & Schellnhuber, 2015) oder die Trinkwassererverordnungen in Deutschland nach EU-Vorgaben (Nitrate im Grundwasser, 2022) (DUG41CVH_Ni_La).

6.2.2 Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes

Abbildung 26 als Balkendiagramm und die Tabellen 55 und 56 zeigen, dass in allen Teilstudien die Mehrheit der Lernarrangements in der Analyse des fachlichen Hintergrundes chemisches Wissen und interdisziplinär naturwissenschaftliches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI heranziehen, welches in gesellschaftliche Kontexte eingebettet wird. Auch hier zeigt sich, dass gerade in den letzteren Teilstudien 3 und 4 insgesamt mehr Studierende in der Analyse des fachlichen Hintergrundes Niveau 3 erreichen konnten. In allen drei Teilstudien lagen keine fachlichen Fehler vor, sodass Niveau 0 nicht kodiert werden konnte. Je Studie hat 1 Person keine Analyse des fachlichen Hintergrundes formuliert, sodass hier keinerlei Kodierung erfolgen konnte.

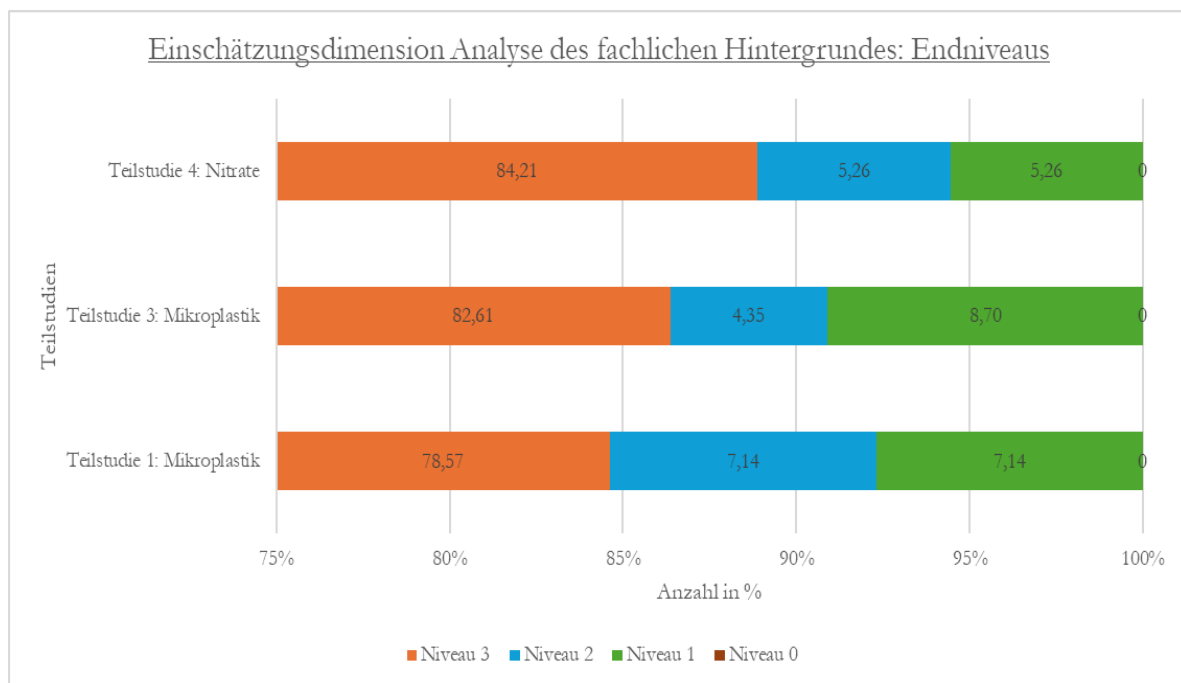


Abbildung 26: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus als Balkendiagramm.

An den folgenden beiden Aussagen wird deutlich, was es in der Analyse des fachlichen Hintergrundes bedeutet ausschließlich chemisches Wissen heranzuziehen, in dessen Folge Niveau 1 kodiert wurde:

Im Allgemeinen werden unter „Mikroplastik“ feste, unlösliche und nicht biologisch abbaubare synthetische Polymere verstanden. Außerdem unterscheiden sich Kunststoffe nach ihrem mechanisch-thermischen Verhalten in Thermo- und Duroplaste sowie in Elastomere (ebd., S. 52) (W6MFAH09_MP2_La).

Das Nitrat-Ion ist trigonal planar (Mortimer, S. 134) und die Bindungswinkel betragen 120° , sodass die reale Struktur zwischen drei mesomeren Grenzstrukturen existieren muss. Nitrate sind gut wasserlöslich (Chemie.de, 03.08) (6UC9EIAB_Ni_La).

Im ersten Zitat wird für Mikroplastik eine chemische Einteilung nach Duro-, Thermoplasten und Elastomeren sowie eine Charakterisierung als nicht biologisch abbaubare und unlösliche Polymere vollzogen, im zweiten Zitat wird zunächst der molekulare Aufbau des Nitrat-Ions beschrieben und es folgt eine Nennung der Stoffeigenschaften, wie die Löslichkeit in Wasser. In beiden Fällen werden hier die chemischen Sachverhalte, wie molekularer Aufbau, charakteristische Stoffeigenschaften und chemische Verwendung erläutert. Aufgrund dieser Anwendung chemischen Wissens wurde Niveau 1 in beiden Fällen kodiert.

Tabelle 55: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements).

Einschätzungsdimension Analyse des fachlichen Hintergrundes		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Summe	11	19	16
	Summe in %	78,57	82,61	84,21
Niveau 2	Summe	12	20	17
	Summe in %	85,71	86,96	89,47
Niveau 1	Summe	13	22	18
	Summe in %	92,86	95,65	94,74
Niveau 0	Summe	0	0	0
	Summe in %	0,00	0,00	0,00
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Für das Erreichen des zweiten Niveaus galt es neben dem Heranziehen chemischen Wissens auch interdisziplinär-naturwissenschaftliches Wissen in der Analyse des fachlichen Hintergrundes zu verwenden. Die folgenden Auszüge aus ebenjenen Analysen dienen der Illustration.

Bei Mikroplastik handelt es sich nach der MSFD Technical Group Marine Litter um kleine nicht abbaubare Plastikpartikel in einem Größenbereich von unter 5 mm. Allerdings finden sich diesbezüglich je nach Literatur sehr unterschiedliche verwendete Definitionen und Größenbereiche (Kreienhop et al., 2020, S. 3) (9N5VM_MP1_La).

Nitrate sind ein wichtiger Bestandteil des Stickstoff-Kreislaufs. Während der Fäulnisprozesse toter Lebewesen entstehen Ammoniak und Ammoniumsalze, welche in einem weiteren Schritt von bestimmten Bodenbakterien zu Nitratsalzen oxidiert werden (ebd.). Dieser Schritt wird Nitrifikation genannt, da Nitrit-Ionen als Zwischenprodukt auftreten (ebd.) (SBURER88_Ni_La).

Dabei bezieht sich die erste Aussage auf die Definition von Mikroplastik und die damit unter anderem einhergehende Partikelgröße. Die Partikelgröße und die daraus resultierende Einteilung von Mikroplastik ist kein allein chemisches Wissen, hierbei handelt es sich um eine Bezugnahme auf eine interdisziplinär-naturwissenschaftliche Quelle. Darüber hinaus stellt 9N5VM darauf ab, dass die Definition von Mikroplastik nach Partikelgröße uneinheitlich ist. Denn die verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen bedienen sich diverser Einteilungen von Mikroplastik nach Partikelgröße und verschiedenen Definitionen. Daher konnte diese Aussage, die darauf zurückgreift, in Niveau 2 eingeordnet werden. Die zweite Aussage beschreibt die biologischen Prozesse im Stickstoffkreislauf wie die Fäulnisprozesse und die Aktivitäten von Bodenbakterien. Diese Aussage kann aufgrund des biologischen Wissens ebenfalls in Niveau 2 eingeordnet werden.

Tabelle 56: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension der Analyse des fachlichen Hintergrundes der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).

Einschätzungsdimension Analyse des fachlichen Hintergrundes: Endniveaus		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Anzahl	11	19	16
	Anzahl in %	78,57	82,61	84,21
Niveau 2	Anzahl	1	1	1
	Anzahl in %	7,14	4,35	5,26
Niveau 1	Anzahl	1	2	1
	Anzahl in %	7,14	8,70	5,26
Niveau 0	Anzahl	0	0	0
	Anzahl in %	0	0	0
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Wurde in der Analyse das verwendete Wissen in gesellschaftliche Kontexte eingebettet, konnte Niveau 3 kodiert werden. Dies zeigen die folgenden Zitate aus den Teilstudien 3 und 4.

Im Jahr 2016 wurden in Deutschland insgesamt 11,8 Millionen Tonnen Plastik verbraucht, was umgerechnet bedeutet, dass ein einzelner Mensch in Deutschland ungefähr

38 Kilogramm Plastikmüll konsumiert (Schulz, 2021). Heutzutage liegt die weltweite Produktion von Kunststoffen bei über 300 Millionen Tonnen pro Jahr (Wöhrle, 2018, S. 50). Demnach schreitet die Thematik um Plastik in den letzten Jahren immer weiter voran und etabliert sich mittlerweile nicht nur als ein naturwissenschaftliches Problem, sondern als eine gesellschaftliche Herausforderung (W6MFAH09_MP2_La),

Weil sich mittlerweile auch noch der Gülletourismus ausbreitet, bei dem Landwirte aus benachbarten Ländern ihre Gülle an deutsche Agronomen verkaufen, wird die Nitratbelastung Deutschlands immer höher (Matern, 2022). Dabei müssen die Grenzwerte für Nitrate dringend eingehalten werden, damit gemäß den planetaren Leitplanken keine „irreversiblen Schäden am Erdsystem (Zowada, Niebert & Elgis, 2019, S. 5) entstehen (YFHM0XUW_Ni_La).

Im ersten Zitat werden die verschiedenen Wissensbereiche rund um Mikroplastik in den gesellschaftlichen Kontext des zunehmenden Plastikmülls eingeordnet. Vermehrter Plastikkonsum und damit einhergehend auch die Zunahme von Plastikmüll sind ein gesamtgesellschaftlich relevantes Problem, in dessen Kontext auch Mikroplastik steht. Demnach wurde diese Aussage mit Niveau 3 kodiert. In der zweiten Aussage wird das Wissen zum Thema Nitrate in den gesellschaftlichen Kontext des Düngens und die zunehmende Nitratbelastung der Böden eingeordnet, sodass auch hier Niveau 3 vergeben werden konnte.

6.2.3 Einschätzungsdimension der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen

Abbildung 27 und auch Tabellen 57 und 58 ist zu entnehmen, dass auch hier die Studierenden aller Teilstudien insgesamt überwiegend Niveau 3 erreicht haben. Dabei wurde Niveau 3 am häufigsten in Teilstudie 3 erzielt, allerdings wurde auch in dieser Teilstudie einmal Niveau 0 kodiert. Da es sich dabei, wie auch der Tabelle 58 entnommen werden kann, nicht um ein Endniveau handelt, erzielte die Testperson weitere Kodierungen in höheren Niveaus. Trotz ähnlicher Werte in Niveau 3 für die Teilstudien 1 und 4, schneiden die Teilnehmenden der Teilstudie 4 besser ab, da hier alle Studierenden mindestens Niveau 2 erreichen, die fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen demnach sowohl passend zum Ziel sind als auch literaturbasiert begründet werden. Eine Einordnung in Niveau 0 erfolgt dann, wenn die fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen nicht begründet werden und bzw. oder nicht zum Ziel passen. Das folgende Zitat wurde in Niveau 0 kodiert. Zum besseren Verständnis schließt sich an das Zitat zur fachdidaktisch-methodischen Einschätzung das Zitat mit dem Ziel aus diesem Lernarrangement an.

Haben die SuS die Aufgabe in Einzelarbeit fertig gestellt, führt die Lehrkraft in den Aufbau des Stationenlernens ein. Dazu schlägt die Lehrkraft eine inhaltliche Brücke, von dem hauseigenen Kanalanschluss bis zu der Kläranlage. So kann ein direkter Bezug vom Alltag der SuS hin zu der Kläranlage geschaffen werden und das Interesse der SuS aktiviert werden, wie die eigenen Verunreinigungen wieder aus dem Wasser entfernt werden. Es wird beschrieben, dass jedes Becken ein spezielles Trennverfahren für die Aufbereitung des Wassers anwendet, welche die SuS in den Stationen kennenlernen (VWQYN1P_MP2_La),

Durch die Einbettung in den Kontext der Abwasseraufbereitung und anhand der Durchführung der Versuche vollziehen die SuS die einzelnen Funktionsschritte einer Kläranlage nach. Diese sollen sie den erlernten Trennverfahren zuordnen können (VWQYN1P_MP2_La).

Demnach ist das Ziel das Nachvollziehen der Funktionsschritte einer Kläranlage. In einer Kläranlage durchläuft das Wasser einen linearen Prozess aufeinander folgender und sinnvoll aufeinander abgestimmter Reinigungsprozesse. Daher passt die Wahl eines Stationenlernens nicht zu diesem Gegenstand. Ein Stationenlernen ist nicht linear von der ersten zur letzten Station, sondern von der örtlichen Verfügbarkeit der Stationen und den anderen Lerngruppenmitgliedern abhängig ist. Demnach passt das Stationenlernen nicht zum formulierten Lernziel, weshalb Niveau 0 kodiert wurde.

Das folgende Zitat aus der Teilstudie 3 wurde in Niveau 1 eingeordnet, da hier die Wahl des Chatverlaufs begründet wird, indem auf dessen motivierenden Charakter durch seinen Alltags- und Lebensweltbezugs zurückgegriffen wird.

Damit der Unterrichtseinstieg motivierend wirkt und das Interesse der Lernenden anhebt, wird ein WhatsApp-Chatverlauf gewählt. Hierbei geht es in erster Linie darum, dass Schüler/innen motiviert werden und, dass deren Interesse geweckt wird. Bei dem Chatverlauf wird ein Aktualitätsbezug hergestellt, da die Lernenden überwiegend soziale Netzwerke nutzen und mit Werbeartikel seitens Influencer/innen vertraut sind. Damit die Schüler/innen nicht von der grundlegenden Thematik abweichen, stellt die Lehrkraft bei Bedarf Fragen zum Chatverlauf und lenkt den Fokus auf den Bereich der Unterhaltung, bei der das kosmetische Produkt aufgegriffen wird (W6MFAH09_MP2_La).

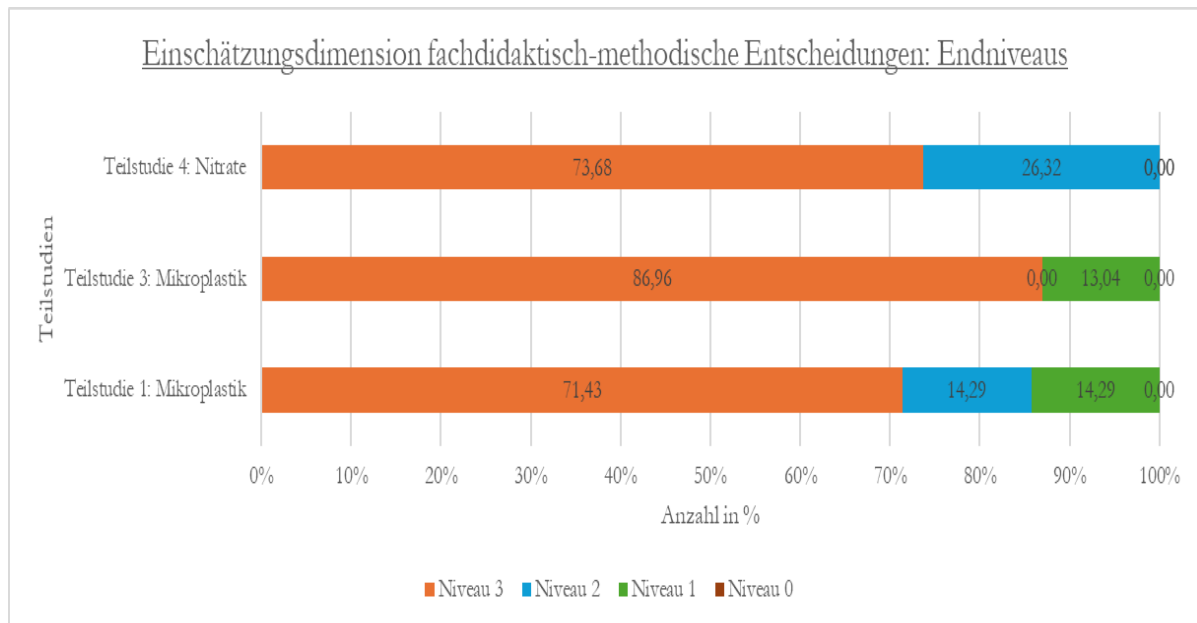


Abbildung 27: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension fachdidaktisch-methodischen Entscheidung der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Balkendiagramm.

Dabei war das Ziel des Lernarrangements von W6MFAH09, dass die Lernenden zwischen primärem und sekundärem Mikroplastik begründet unterscheiden können und sie ihr erworbenes Wissen im Kontext Kosmetika anwenden können, „indem sie die Verwendung und Funktionen von Mikroplastik beschreiben und vergleichen. Hieraus bestimmen sie die Folgen und Auswirkungen für die Umwelt und leiten alternative Handlungsmöglichkeiten ab“ (W6MFAH09_MP2_La). Die fachdidaktische Entscheidung zur Nutzung eines Chatverlaufs im Einstieg ist als passend zum Ziel anzusehen, da im Chatverlauf der Bereich Kosmetika angesprochen wird, welcher für den weiteren Verlauf des Lernarrangements grundlegend ist und motivierend für die Lernenden wirken soll, damit möglichst viele Lernende das Lernziel erreichen. Das folgende Zitat aus der Teilstudie 4 zu Nitraten konnte ebenfalls in Niveau 1 eingeordnet werden, da auch hier die fachdidaktisch-methodische Entscheidung zur Auswahl der Teststäbchen anstelle des Prozesses des Eindampfens begründet, in diesem Fall über spezielle Voraussetzungen der Lerngruppe.

Aufgrund der häufig auftretenden kürzeren Aufmerksamkeitsspannen der SchülerInnen mit sonderpädagogischem Förderbedarf sollte die Auswahl des Experiments auf das Vorwissen und die Voraussetzungen der SchülerInnen angepasst werden. Somit wurde sich dazu entschieden den Gehalt von Nitraten in Wasser nicht durch Eindampfen ermitteln zu lassen, sondern durch das Nutzen von Nitratteststäbchen (14K4FBKE_Ni_La).

Tabelle 57: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension fachdidaktisch-methodischen Entscheidung der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements).

Einschätzungsdimension Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Summe	10	20	14
	Summe in %	71,43	86,96	73,68
Niveau 2	Summe	12	20	19
	Summe in %	85,71	86,96	100,00
Niveau 1	Summe	14	23	19
	Summe in %	100,00	100,00	100,00
Niveau 0	Summe	1	0	0
	Summe in %	4,35	0,00	0,00
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Auch dies ist passend zum Ziel, da die Lernenden im Lernarrangement ein Experiment zum Nitratgehalt durchführen und auswerten, sowie das Auffinden von Nitraten im Wasser erläutern. In der fachdidaktisch-methodischen Entscheidung wurde der Einsatz von Nitratteststäbchen für Lernende mit sonderpädagogischem Förderbedarf begründet, auch mit diesem Nitratteststäbchen lässt sich der Nitratgehalt in Wasser experimentell bestimmen und auswerten. Daher kann das Ziel auch für Lernende mit sonderpädagogischem Förderbedarf erreicht werden, wodurch eine Inklusion in den Chemieunterricht gewährleistet wird und eine Passung zwischen Ziel und fachdidaktisch-methodischer Entscheidung besteht.

Tabelle 58: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension fachdidaktisch-methodischen Entscheidung der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).

Einschätzungsdimension Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen: Endniveaus		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Anzahl	10	20	14
	Anzahl in %	71,43	86,96	73,68
Niveau 2	Anzahl	2	0	5
	Anzahl in %	14,29	0,00	26,32
Niveau 1	Anzahl	2	3	0
	Anzahl in %	14,29	13,04	0,00
Niveau 0	Anzahl	0	0	0
	Anzahl in %	0,00	0,00	0,00
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Erfolgten die fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen literaturbasiert zusätzlich begründet und passend zum Ziel, konnte Niveau 2 vergeben werden. Nachfolgend werden exemplarisch zwei fachdidaktisch-methodische Entscheidungen reflektiert.

Das Experiment besitzt im Chemieunterricht eine mediale Funktion, denn es erlaubt ‚Fachinhalte auf einer gegenständlichen Ebene darzustellen und erfüllt damit auch eine kommunikative Funktion.‘ (Reiners, 2017, S. 105) Hierbei können chemische Vorgänge im Sinne der Primärerfahrung konkret dargestellt werden, was zu einer Motivationssteigerung der SchülerInnen führen kann (ebd.). Die beiden Experimente, welche in der vorliegenden Doppelstunde ausgeführt werden, besitzen die Funktion, ein technisches Verfahren zu simulieren. Im zweiten Experiment wird ein rohstoffliches Recycling simuliert, welches anschließend mit einer Nachweisreaktion von Alkoholen bestätigt wird. Experiment drei simuliert ein werkstoffliches Recycling (ZNNIC_MP1_La).

ZNNIC aus Teilstudie 1 formulierte ein Lernziel, welches die Entwicklung eines vertieften Verständnisses für die Herstellung und das Recycling von Plastikflaschen sowie über Risiken, Gefahren und Alternativen fokussiert hat. In den Experimenten wurde zum einen ein technisches Verfahren, zum anderen rohstoffliches und werkstoffliches Recycling simuliert, sodass die Herstellung und das Recycling von Plastikflaschen gemäß dem Ziel im geplanten Vermittlungsprozess passend intendiert sind.

Die Aufgabe ist hierbei als Lernaufgabe zu verstehen, da sie schüleraktivierend wirkt, in einer kooperativen Form umgesetzt wird (Partnerarbeit), selbstständiges Lernen fördert und im Gegensatz zu Plenumsphasen durch die individuelle Motivation, die aus freieren Arbeitsaufträgen erwächst, eher im Gedächtnis bleibt (Stäudel et al., 2014, S. 2) (BVP85G40_Ni_La).

Bei dieser fachdidaktisch-methodischen Entscheidung erfolgt eine literaturbasierte Begründung zum Einsatz einer Lernaufgabe, in dessen Zentrum die Erstellung einer Mind-Map in Partnerarbeit zur Darstellung von Zusammenhängen in dem erarbeiteten Fachwissen steht. Das angestrebte Ziel ist es, dass die Lernenden chemische Zusammenhänge bezüglich Nitrate erklären, indem sie fachliche Texte in strukturierter Art zusammenfassen und die entstandene Mind-Map der Lerngruppe vorstellen. Die Wahl einer Mind-Map und die Einfassung der Gestaltung dieser in einer Lernaufgabe sind passend zum Ziel, da mit einer Mind-Map Wissen strukturiert dargestellt werden kann und sich Zusammenhänge ebenfalls abbilden lassen. Die Gestaltung dieser kann in Partnerarbeit

erfolgen, anders als bspw. das Lesen eines Textes, und fördert selbstständiges Lernen, da die Lernenden mit der Gestaltung der Mind-Map Verantwortung für das eigene Lernen übernehmen.

Wird im Rahmen einer fachdidaktisch-methodischen Entscheidung die Bedeutung des Inhalts für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung reflektiert, wurde Niveau 3 kodiert. Dieses Niveau schließt auch implizite Reflexionsprozesse ein. Die folgenden Zitate zeigen dies.

Besonders die Vorläufigkeit als Eigenschaft naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung nach Lederman et al. (2002) lässt sich anhand dieses Beispiels für Schüler transparent machen und fördert damit die naturwissenschaftliche Grundbildung. Ebenso aufgreifen lässt sich das Thema der Grenzwertsetzung, wobei dieser Aspekt sicherlich noch stärker in den Fokus gerückt werden könnte, als es in diesem Lernarrangement der Fall ist. Besonders im Vergleich zu anderen möglichen Themen, wie Stickoxide, Feinstaub oder Nanopartikel, lassen sich die Schwierigkeiten im Spannungsfeld zwischen Politik und Wissenschaft bei Grenzwerten gut aufzeigen (G3WDG2H7_MP2_La),

Im gesellschaftlichen Kontext betrachtet spielen Nitrate eine relevante Rolle. Wie in der Sachanalyse bereits erläutert, sind Nitrate in der Landwirtschaft, insbesondere beim Dünger, von Bedeutung. Im Jahr 2016 reichte die EU-Kommission beim Europäischen Gerichtshof Klage gegen Deutschland aufgrund von Verstößen gegen die europäischen Grundwasserrichtlinien ein. Auch 2019 wurde Deutschland eine erneute Frist durch die EU-Kommission gesetzt. Deutschland musste innerhalb von zwei Monaten Vorschläge zur Senkung der Nitrat-Belastung präsentieren (R6KODW15_Ni_La).

Im oberen Zitat wird die naturwissenschaftliche Grundbildung direkt genannt und die Bedeutung des Inhalts wird mit einer Transparentmachung der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse begründet. Das untere Zitat nennt die naturwissenschaftliche Grundbildung zwar nicht explizit, die Bedeutung des Inhalts für diese wird jedoch durch die Illustration der gesellschaftlichen Relevanz von Nitraten in der Landwirtschaft und den damit einhergehenden Konsequenzen implizit reflektiert. Um hier eine erfolgreiche Kodierung entsprechend Niveau 3 zu gewährleisten, ist es zwingend notwendig, dass auch die damit einhergehenden fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen passend zu den vorher formulierten Zielen sind. Im oberen Beispiel aus Teilstudie 3 ist das Ziel, dass die Lernenden kritisch Medienaussagen sowie Aussagen von Industrie- und Umweltverbänden auf Grundlage von Materialanalysen und vorher gewonnenem Fachwissen kritisch reflektieren und beurteilen. Das Spannungsfeld von Wissenschaft und Politik und Industrie ist gerade aufgrund der Vorläufigkeiten und der Unsicherheiten damit immer ein Gegenstand an dem

Wissen über die Gewinnung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und ihrer Reflexion thematisiert werden kann. Aufgrund dieser Begründungen kann in diesem Beispiel von einer Passung von fachdidaktisch-methodischer Entscheidung und des Ziels gesprochen werden.

Im unteren Zitat aus Teilstudie 4 von R6KODW15 wurde die Wahl des Themas Nitrate durch die gesellschaftliche Relevanz begründet, entsprechend ist ein dazu passendes Ziel formuliert worden. Die Nitrate gehen mit einer starken landwirtschaftlichen Nutzung einher, die Umweltprobleme bei übermäßigem Einsatz auslösen kann. In dem in Rede stehenden Zitat wird darauf abgehoben, dass die Bundesrepublik Deutschland gegen die Grenzwerte aus den Grundwasserrichtlinien verstoßen habe, woraus die gesellschaftliche Relevanz resultiert. Aus diesen Gründen kann hier von einer Passung von Ziel und fachdidaktisch-methodischer Begründung gesprochen werden.

6.2.4 Einschätzungsdimension der Quellenarten im Vermittlungsprozess

Auch in dieser Einschätzungsdimension ist trotz einer Kodierung in Niveau 0 eine Kodierung in anderen Niveaustufen möglich. Eine Kodierung mit Niveau 0 erfolgt dann, wenn in einem Material für Lernende keine Quellen angegeben worden sind. Bei einer Verwendung mehrere Materialien kann es dazu kommen, dass ein Material in Niveau 0 kodiert wurde und ein anderes Material aufgrund der Quellen in ein anderes Niveau kodiert werden konnte.

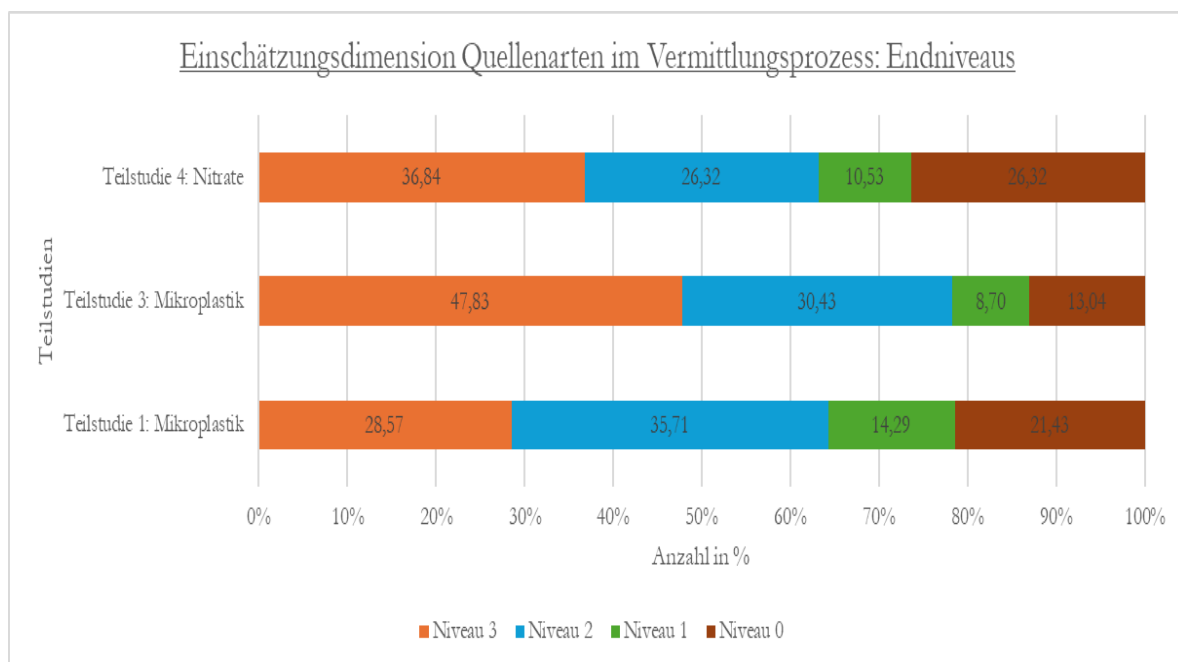


Abbildung 28: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Balkendiagramm.

Abbildung 28 sowie den Tabellen 59 und 60 kann entnommen werden, dass von den 14 Teilnehmenden, bei denen Material mit Niveau 0 kodiert wurde, 11 Teilnehmende noch weitere höhere Niveaus erreichen konnten. In der ersten Teilstudie verblieb ein knappes Fünftel der Teilnehmenden und in der vierten Teilstudie sogar ein Viertel der Teilnehmenden als Endniveau auf Niveau 0, sie gaben also keine Quellen auf den für die Lernenden erstellten Materialien an.

Tabelle 59: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements)

Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Summe	4	11	7
	Summe in %	28,57	47,83	36,84
Niveau 2	Summe	6	16	8
	Summe in %	42,86	69,57	42,11
Niveau 1	Summe	10	16	11
	Summe in %	71,43	69,57	57,89
Niveau 0	Summe	3	14	5
	Summe in %	21,43	60,87	26,32
Anzahl untersuchte La		14	23	19

In der Teilstudie 3 verbleiben 13 % der Teilnehmenden auf Niveau 0. Da aus nicht angegebenen Quellen keine Zitate gemacht werden können, werden für Niveau 0 in dieser Einschätzungsdimension keine illustrierenden Zitate angeführt. Den Tabellen kann auch entnommen werden, dass in allen Teilstudien über die Hälfte bis zu zwei Drittel der Teilnehmenden Niveau 1 und in Teilstudie 3 ebenso zwei Drittel, in den Teilstudien 1 und 4 knapp die Hälfte Niveau 2 erreicht hat. In Teilstudie 1 erreicht fast, in Teilstudie 4 etwas mehr als ein Drittel und in Teilstudie 3 sogar fast die Hälfte der Teilnehmenden Niveau 3.

Niveau 1 wurde dann vergeben, wenn populärwissenschaftliche Quellen und Erzeugnisse aus der Lebenswelt im Vermittlungsprozess verwendet wurden. Die folgenden Zitate zeigen dies.

AOK (2019). Ist Mikroplastik schädlich für meinen Körper? Abgerufen am 15. März 2022 von <https://www.aok.de/bw-gesundnah/nachhaltigkeit-und-umwelt/mikroplastik-wie-schaedlich-ist-es> (NDBLS0CA_MP2_La),

Kraa, M. (21. März 2022). Sauberes Trinkwasser: Die mühsame Arbeit der Wasserversorger. BR24, 1-6. Abgerufen am 10. August 2022 von <https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/sauberes-trinkwasser-d> (SBU-RER88_Ni_La).

Tabelle 60: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).

Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess: Endniveaus		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Anzahl	4	11	7
	Anzahl in %	28,57	47,83	36,84
Niveau 2	Anzahl	5	7	5
	Anzahl in %	35,71	30,43	26,32
Niveau 1	Anzahl	2	2	2
	Anzahl in %	14,29	8,70	10,53
Niveau 0	Anzahl	3	3	5
	Anzahl in %	21,43	13,04	26,32
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Beide Quellen können als Erzeugnisse aus der Lebenswelt gekennzeichnet werden. Während es sich beim ersten Zitat um eine Quelle aus dem Gesundheits- und Krankenkassenwesen handelt, ist die aus dem zweiten Zitat aus dem Nachrichtenwesen. Werden Bildungsmaterialien zitiert, wurde Niveau 2 kodiert. Dabei zeichnen sich Bildungsmaterialien dadurch aus, dass die Gestaltung von Expert*innen mit dem Zweck der Vermittlung von Bildung und unter Berücksichtigung des Prinzips der Praxisorientierung erfolgt. Dabei kann es sich um ein Video der Sendung mit der Maus handeln, wie im Zitat von HCQXA_MP1_La, um einen Artikel in einem fachdidaktischen Journal, wie der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, wie im Zitat von G3WDG2H7_MP2_La, oder um Materialien von einer Lehrer*innenfortbildungsinstitution, wie im Zitat von UUGHLUFZ_Ni_La.

Einstieg: Video WDR, Sendung mit der Maus; Plastikmüll im Meer <https://kinder.wdr.de/tv/die-sendung-mit-der-maus/av/video-plastikmuell-im-meer-100.html> (7.03.2021) (HCQXA_MP1_La),

Kreienhop, N., Klasmeier, J. & Beeken, M. (2020). Mikroplastik: Ein aktueller Forschungsgegenstand der Wissenschaft. NiU-Chemie, 31(179), 2–6 (G3WDG2H7_MP2_La),

https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2016/fb9/2_oekologie/04_pflasterfuge/21_nitrat/ (UUGHLUFZ_Ni_La).

Wurden wissenschaftliche Quellen im Vermittlungsprozess verwendet, wurde Niveau 3 kodiert. Hierbei handelt es sich dann um wissenschaftliche Quellen, wenn die Arbeiten von Wissenschaftler*innen mit dem Ziel des wissenschaftlichen (Erkenntnis-)Fortschritts verfasst worden sind und entsprechend bei einem Wissenschaftsverlag, einer wissenschaftlichen Gesellschaft oder wissenschaftlichen (Forschungs-)Institut veröffentlicht worden sind. Beim ersten der drei folgenden Zitate handelt es sich um eine Veröffentlichung eines Forschungsinstituts, das zweite Zitat gibt als Quelle einen wissenschaftlichen Artikel in einem wissenschaftlichen Journal zu Kulturpflanzen an und das dritte Zitat eines der chemischen Nachschlagewerke. All diese Quellen fallen in die Kategorie der wissenschaftlichen Quellen und wurden entsprechend mit Niveau 3 kodiert.

(Quelle: Alfred-Wegener-Institut: <https://www.awi.de/im-fokus/muell-im-meer/muell-im-meer-infografik.html>) (V8UOP_MP1_La),

Stöven, K.; Jacobs, F.; Schnug, E. (2015): Mikroplastik: ein selbstverschuldetes Umweltproblem im Plastikzeitalter. In: J Kulturpflanzen 67, S. 241–250 (NDBLS0CA_MP2_La),

Riedel, E. Janiak, C. (2015) Anorganische Chemie. (9. Auflage). Berlin/Boston: de Gruyter (XT1WFHQV_Ni_La).

6.2.5 Einschätzungsdimension der handlungsorientierten Arbeitsaufträgen

Aus Abbildung 29 sowie den Tabellen 61 und 62 kann entnommen werden, dass in allen Teilstudien ein großer Teil der Studierenden Niveau 3 erreichen konnte. In Teilstudie 1 waren es knapp die Hälfte, in Teilstudie 3 sogar knapp drei Viertel und in Teilstudie 4 knapp zwei Drittel der Teilnehmenden. Tabelle 61 zeigt, dass in Teilstudien 1 und 3 Einschätzungsdimension handlungsorientierte Arbeitsaufträge häufig Niveau 0 kodiert wurde. Die Endniveaus in Tabelle 62 zeigen auch, dass nur ein kleiner Teil der Teilnehmenden auf Niveau 0 verbleibt. In Teilstudie 1 sind es ein Fünftel, in Teilstudien 3 und 4 knapp ein Zehntel. Die Niveaus wurden in Kapitel 4.4.3 differenziert vorgestellt. Hervorzuheben ist, dass sich diese Niveaus besonders auf das ICAP-Modell (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) beziehen. Wurde Niveau 0 kodiert, lagen Arbeitsaufträge vor, die von den Lernenden kein Handeln bezüglich SSI einfordern, wie Arbeitsaufträge, die eher fachliche Aspekte in den Vordergrund stellen. Dies illustrieren die folgenden Zitate:

Ihr seid Mitarbeiter im Prüflabor CheckPlastic. Eure Aufgabe ist es, die Masse (das Gewicht) an Mikroplastik in der Probe des Peelings (2 mL) zu bestimmen. Plant hierzu ein Experiment und gebt den Plan vor der Durchführung bei eurem Laborleiter ab. Erst dann dürft ihr mit eurem Experiment starten (SPGE2_MP1_La),

Damit die Reaktion ablaufen kann, werden Temperaturen von ca. 500 °C und 250 bar benötigt. Setze dich mit deinem Partner/deiner Partnerin zusammen und wendet das Prinzip von Le Chatelier an, um den Einfluss von einer Temperaturerhöhung & Temperatursenkung (niedriger/höher als 500 °C) und einer Druckerhöhung & Drucksenkung (höher/niedriger als 250 bar) zu erklären. Versucht eine Begründung zu finden, warum die Reaktion erst bei 500 °C ablaufen kann (1D47RSVU_Ni_La).

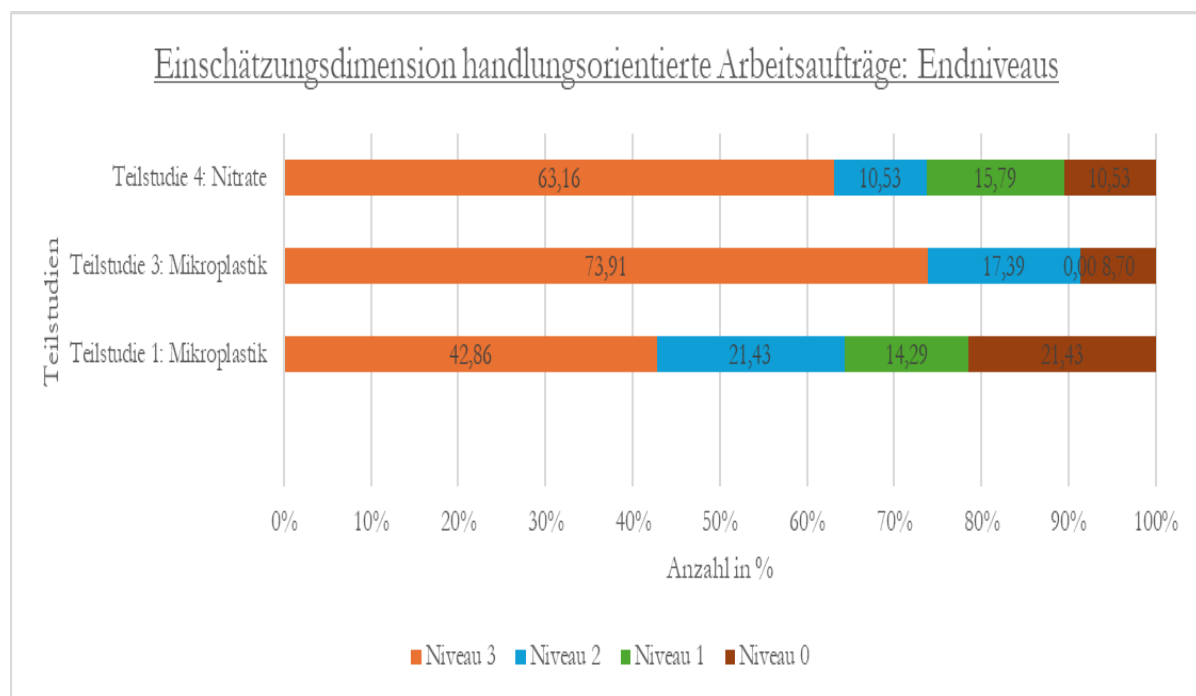


Abbildung 29: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension handlungsorientierter Arbeitsaufträge der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Balkendiagramm.

Im ersten Zitat steht ein Experiment im Fokus, bei dem die Masse an Mikroplastik in einer Probe ermittelt werden soll. Hier stehen fachliche Aspekte, wie experimentelle Planungs- und Durchführungskompetenz im Vordergrund, daher, auch wenn der Gegenstand eine Peeling-Probe ist, liegt hier ein starker fachlicher Blickwinkel vor, der kein Handeln bezüglich des SSI einfordert. Das zweite Zitat veranschaulicht dies noch deutlicher, hier liegen die fachlichen Prinzipien, wie das Prinzip von Le Chatelier, im Zentrum.

In Niveau 1 wird von den Lernenden ein Handeln bezüglich eines SSIs gefordert, dieses Handeln ist jedoch eher passiv, wie ein Beobachten oder ein Herausschreiben von Informationen aus Texten. Die folgenden Zitate dienen der Illustration dieses passiven Handelns.

Seht euch den Poetry Slam von Rita Apel an und macht euch Notizen (9N5VM_MP1_La),

Du liest den Artikel „Zu viel Nitrat im Grundwasser“ der Deutschen Umwelthilfe in der aktuellen Zeitung. Ermittle die Nachteile der Nutzung von Nitratdüngern und halte deine Ergebnisse in der beigefügten Tabelle fest. Verwende dazu auch den Informationstext zu den Biochemischen Hintergründen (DUG41CVH_Ni_La).

Im Zentrum des ersten Zitats steht ein Poetryslam zu Mikroplastik, die passive Handlung ist in diesem Fall das Ansehen und das Machen von Notizen und wurde daher in Niveau 1 kodiert. Im zweiten Zitat sollen aus einem Artikel zur Menge an Nitraten im Grundwasser die Nachteile von nitrathaltigen Düngern herausgearbeitet und in einer Tabelle festgehalten werden. Auch hierbei handelt es sich um einen passiven Arbeitsauftrag, der kein aktives Handeln bezüglich eines SSI erfordert.

Tabelle 61: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 (Abkürzungen: La: Lernarrangements)

Einschätzungsdimension Handlungsorientierte Arbeitsaufträge		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Summe	6	17	12
	Summe in %	42,86	73,91	63,16
Niveau 2	Summe	9	15	7
	Summe in %	64,29	65,22	36,84
Niveau 1	Summe	10	15	16
	Summe in %	71,43	65,22	84,21
Niveau 0	Summe	12	16	7
	Summe in %	85,71	69,57	36,84
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Wird ein aktives Handeln eingefordert, bei dem sich die Lernenden sich selbst in Bezug zum SSI setzen, können die Arbeitsaufträge in Niveau 2 kodiert werden. Dies zeigen die folgenden Zitate.

Selbstverpflichtung Kosmetikfirmen für Verzicht auf MP: Lies den folgenden Artikel des Verbraucherservice Bayern KDFB e. V.: <https://www.verbraucherservice-bayern.de/themen/umwelt/mikroplastik---aus-stieg-der-industrie> und beantworte die folgenden Fragen: 1. Wie bewertest du die Selbstverpflichtung von Kosmetikfirmen? (G3WDG2H7_MP2_La),

Recherchiere im Internet über die Gefahren von Nitraten und bewerte anschließend den Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel im Hinblick auf mögliche daraus entstehende Umweltprobleme (6UC9EIAB_Ni_La).

In beiden Zitaten sollen die Lernenden etwas bewerten, im ersten Zitat die Selbstverpflichtung von Kosmetikfirmen und im zweiten Zitat den Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel. Hier erfolgt eine aktive Positionierung zum SSI in Eigenarbeit, die Lernenden formulieren ihre eigene Positionierung zum SSI und dessen Implikationen.

Tabelle 62: Ergebnisse der inhaltlichen Strukturierung zur Einschätzungsdimension Quellenarten im Vermittlungsprozess der Lernarrangements der Teilstudien 1, 3 und 4 als Endniveaus (Abkürzungen: La: Lernarrangements).

Einschätzungsdimension Handlungsorientierte Arbeitsaufträge: Endniveaus		Teilstudie 1: Mikroplastik	Teilstudie 3: Mikroplastik	Teilstudie 4: Nitrate
Niveau 3	Anzahl	6	17	12
	Anzahl in %	42,86	73,91	63,16
Niveau 2	Anzahl	3	4	2
	Anzahl in %	21,43	17,39	10,53
Niveau 1	Anzahl	2	0	3
	Anzahl in %	14,29	0,00	15,79
Niveau 0	Anzahl	3	2	2
	Anzahl in %	21,43	8,70	10,53
Anzahl untersuchte La		14	23	19

Niveau 3 wird dann kodiert, wenn das eingeforderte Handeln im Diskurs mit Anderen erfolgt. Die folgenden Zitate veranschaulichen dies.

Ganz wichtig ist zudem, dass sich im Innenkreis stets ein bis zwei freie Plätze befinden, welche von den Schüler*innen des Außenkreises eingenommen werden können, falls diese sich an der Diskussion beteiligen wollen. Sie verlassen den Stuhlkreis jedoch wieder, sobald sie ihre Argumente vorgebracht haben. (Hugenschmidt & Technau, 2005, S. 66) (RNZXE_MP1_La),

Diskutieren Sie in der Gruppe die Interessen ihrer zugeordneten Position. Notieren Sie sich Argumente für die Podiumsdiskussion (FUXP4EYN_Ni_La).

Im ersten Zitat wird eine Diskussionsmethode beschrieben, bei dem die Lernenden eine Diskussion führen und weitere Lernenden teilnehmen können, um im Diskurs mit anderen aktiv zu sein. Die Diskussion in der Gruppe bezüglich der Interessen der zugeordneten Position im zweiten Zitat erfordert ein aktives Handeln im Diskurs mit Anderen und wurde daher ebenfalls in Niveau 3 kodiert.

6.2.6 Vergleich der Probandenkompetenzen der Teilstudien 1 und 3 zum SSI Mikroplastik in Bezug auf die beiden Forschungsfragen 1 und 2

Im Folgenden werden die Probandenkompetenzen aus den Teilstudien 1 und 3 im Hinblick auf ihre erzielten Ergebnisse zu den Forschungsfragen 1 und 2 vergleichend betrachtet. Dabei soll es auf einer explorativ-erkundenden Weise darum gehen, ob die Lernenden, die besonders hochwertige Kompetenzen in den Datenerhebungen zu Forschungsfrage 1 zeigen konnten, diese auch in den Datenerhebungen zu Forschungsfrage 2 darstellen konnten. Die angefertigten Seminararbeiten zur Begründung des jeweiligen Teils des Lernarrangements sind im Rahmen einer Leistungssituation entstanden, deren Bewertung Anteil an der Fachnote des*r Studierenden hat. Dies gilt es bei der Datenanalyse zu berücksichtigen. An den übrigen Datenerhebungsarten konnten die Studierenden freiwillig teilnehmen, sie entsprachen keiner Leistungssituation. Zur Untersuchung von Kompetenzen zur Planung von Vermittlungsprozessen braucht es reale Erhebungssituationen, welche den Situationen in Schule bzw. im Referendariat nahekommen. Da auch in Schule kooperative Unterrichtsplanung stattfindet und regulärer Unterricht oftmals mit Anderen, zumindest in der Referendariatszeit diskutiert wird, ist die Erhebungssituation in dieser Beziehung in der Nähe einer realen Erhebungssituation. Die Formulierung des Unterrichtsentwurfs erfolgt auch im Referendariat einzeln und in einer individualisierten Form in dem Sinne, dass sie nicht in einer kontrollierbaren Laborsituation ist.

Aus diesen Gründen wurden schriftliche Seminararbeiten zur Begründung des jeweiligen Teils des Lernarrangements als Planungsprodukt eingefordert, um die Performanz, als messbare Kompetenzen der Lehramtsstudierenden bezüglich der Planungsprozesse erfassen zu können (vgl. Blömecke et al., 2015; König et al., 2015; Großmann & Krüger, 2022; Großmann et al., 2022). Zur erfolgreichen Ausarbeitung und Formulierung dieser schriftlichen Begründung des jeweiligen Teils des Lernarrangements in Einzelarbeit ist eine vertiefte Auseinandersetzung mit den notwendigen Inhalten erforderlich. Daher wurde es den Studierenden in der Phase der Wissensaneignung ermöglicht,

notwendige fachliche Kompetenzen auszubauen, sodass sie in der Lage waren die grundlegenden Inhalte für ihr Lernarrangement zu transformieren. Der Aufbau fachlicher Kompetenzen ist gleichwohl von manchen Studierenden weniger motivierend eingeschätzt worden als das Entwickeln und Planen von Vermittlungsprozessen. Da alle Vermittlungsprozesse fachliche Inhalte als Grundlage haben, ist davon auszugehen, dass die Motivation in Bezug auf die Auseinandersetzung mit den fachlichen Inhalten im Rahmen der Seminararbeiten höher ist als im Rahmen der anderen Datenerhebungsinstrumente. Auch ist es möglich, dass der Postfragebogen den Studierenden die eigenen fachlichen Lücken aufgezeigt hat, was diese wiederum zur Vertiefung mit Blick auf die anstehende Seminararbeit motiviert haben kann.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen kann sowohl auf genereller als auch auf individueller Ebene argumentiert werden. Ziel des Seminars ist es, die Studierenden in der Vermittlung von SSI zu fördern, durch das Schaffen von Möglichkeitsräumen zum Erwerb und des Ausbaus des entsprechenden fachlichen Wissens einerseits und der Kompetenzen zur Vermittlung andererseits. Daher sollten nicht nur einzelne Studierende, sondern der Großteil ihr Wissen und ihre Kompetenzen erweitern können. Eine Betrachtung der jeweiligen Ergebnisse in ihrer Gesamtheit und Komplexität ist notwendig, um Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Postfragebogens vor dem Hintergrund der Forschungsfragen bezogen auf die Ergebnisse der Lernarrangements zu ziehen. Ein isolierter Vergleich des chemischen Wissens mit der Analyse des fachlichen Hintergrundes beispielsweise erfasst nicht die Kompetenzerweiterung durch die Phasen der Wissensaneignung und Vermittlung anbahnen, schließlich sind diese Konstrukte aus den verschiedenen Kategorien zusammengesetzt und erfassen jeweils lediglich Ausschnitte.

Eine Vermittlung bedarf mehr als nur einer Sachanalyse und die Partizipation an SSI mehr als nur chemisches Wissen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurden jeweils die Summen aus den Kodierergebnissen in einer Rangliste geordnet und eingeteilt in höhere, mittlere und tiefere Ränge. Mit der Einteilung in ebenjene Ränge werden die Kodierergebnisse bezüglich ihrer relativen Verteilung darstellbar. Für die Ergebnisse des Postfragebogens wurden pro Person Summen aus den verschiedenen Wissensdomänen (CW, GW, RE) gebildet. Mithilfe der Ränge wurden die Personen in höhere, mittlere und tieferen Ranggruppen angeordnet und gruppiert. Für die Ergebnisse der Lernarrangements wurden pro Person die jeweils erreichten höchsten Niveaus (Z, FH, FME, Q, HA) summiert. Auch hier wurden die Personen mithilfe der gebildeten Ränge in höhere, mittlere und tiefere Ranggruppen angeordnet und gruppiert. Anhand dieser Gruppierung in Ranggruppen lassen sich Schlussfolgerungen bezüglich der Performanzen über die verschiedenen Phasen ziehen.

Tabelle 63 zeigt die erreichten Ränge der Teilnehmenden in den Postfragebögen und in den Lernarrangements für Teilstudie 1, während Tabelle 64 dies für Teilstudie 3 visualisiert. In Tabelle 63 zu Teilstudie 1 wird in Bezug auf die Postfragebögen ein höherer Rangbereich vergeben: bis Rang 5 wird der höhere Bereich, bis Rang 12 wird der mittlere Bereich und bis Rang 16 wird der tiefere Bereich vergeben. In Bezug auf die Lernarrangements dieser Teilstudie wird bis zu Rang 5 der höhere Bereich vergeben, bis Rang 10 wird der mittlere Bereich vergeben, bis Rang 14 wird der tiefere Bereich vergeben. In Tabelle 64 zu Teilstudie 3 werden in Bezug auf die Postfragebögen wird bis zu Rang 10 der höhere Bereich vergeben, bis Rang 20 wird der mittlere Bereich vergeben, bis Rang 29 wird der tiefere Bereich vergeben. In Bezug auf die Lernarrangements dieser Teilstudie wird bis zu Rang 8 der höhere Bereich vergeben, bis Rang 16 wird der mittlere Bereich vergeben, bis Rang 22 wird der tiefere Bereich vergeben. Diese jeweiligen Einteilungen ergeben sich aus den verschiedenen Probandenzahlen. Von insgesamt 14 Teilnehmenden in Teilstudie 1 verbleiben neun Teilnehmende in ihrem Rang, dies entspricht mit ca. 64 % knapp zwei Drittel der Studierenden..

Tabelle 63: Vergleich der gebildeten Ränge zwischen den Postfragebögen und den Lernarrangements aus Teilstudie 1 (oberer Rang ohne Farbschattierung, mittlerer Rang hell (Gelb), unterer Rang dunkel (Rot)).

<i>Teilstudie 1</i>	Postfragebögen	Lernarrangements
Codes	Rang	Rang
V8UOP	3	1
AADM6	5	2
KVRVH	12	2
ZNNIC	5	4
2NQGB	11	5
9N5VM	5	5
C73TK	5	5
RNZXE	1	5
HCQXA	12	9
KSNN3	14	9
9U0VB	1	11
F6MKK	16	11
SPGE2	15	13
L6DNQ	5	14

Bei den verbleibenden fünf Teilnehmenden erreichen die Studierenden KVRVH, 2NQGB und KSNN3 von den Postfragebögen zu den Lernarrangements eine Verbesserung in ihren Rängen.

In nur zwei Fällen kommt es zu einer Verschlechterung. Die Teilnehmenden 9U0VB und L6DNQ verschlechtern sich von den ersten Rängen auf die hinteren Ränge

In Teilstudie 3 (vgl. Tabelle 64) verbleiben acht von 22 Teilnehmenden in ihren Rängen, davon zwei in den unteren Rängen und vier in dem oberen Rang, dies sind etwas mehr als ein Drittel der Teilnehmenden. In sechs Fällen kommt es zur Verbesserung des Rangs von den Postfragebögen zu den Lernarrangements, dies sind etwas mehr als ein Viertel der Studierenden. In weiteren acht Fällen kommt es zu einer Verschlechterung, darunter zwei Teilnehmende (ZWWMS23D & 3ZVGN3DE), die sich vom oberen Rang in den unteren Rang verschlechtern.

Tabelle 64: Vergleich der Ränge zwischen den Postfragebögen und den Lernarrangements aus Teilstudie 3 (oberer Rang ohne Farbschattierung, mittlerer Rang hell (Gelb), unterer Rang dunkel (Rot)).

<i>Teilstudie 3</i>	Postfragebögen	Lernarrangements
Codes	Rang	Rang
JP1MYBJS	8	9
MYUJO69M	16	1
S1RJ0551	5	14
G3WDG2H7	1	1
3ONZDDG9	16	1
0R81SE6W	8	1
OGPS6W4J	16	13
ZWWMS23D	8	22
3QU7SJJ2	22	19
PJSVNCZL	8	14
NDBLS0CA	16	1
C7Q81EDU	22	22
MH9X3TK6	5	1
INQDXE5X	26	9
P3E4KIXW	16	19
4B6B5BMZ	29	14
VVWQYN1P	16	14
R4QACKPS	8	1
3ZVGN3DE	8	19
W6MFAH09	5	9
GFEOR0G3	22	14
U3KJTND7	1	9

Anhand der Tabellen wird deutlich, dass die Studierenden oftmals in ihren Ranggruppen verblieben sind. Im Folgenden wird dies mit ausgewählten Beispielen aus Teilstudie 1 kurz, aufgrund des explorativ-erkundenden Charakters, expliziert. Die Erhebung der Postfragebögen erfolgte zeitlich

vor den Lernarrangements. Von einem mittleren Rang in den Postfragebögen zu einem höheren Rang in den Lernarrangements hat sich KVRVH verbessert. Auch KSNN3 konnte sich von einem tieferen Rang im Postfragebogen zu einem höheren Rang in den Lernarrangements verbessern. Verschlechtert hat sich L6DNQ von einem mittleren Rang im Postfragebogen zu einem tieferen Rang im Lernarrangement. Diese*r Teilnehmende erreichte in der Analyse des fachlichen Hintergrundes hohe Niveaus, jedoch nur tiefere in den verbliebenden Kategorien. Bei dieser*m Teilnehmenden lässt sich ein starkes fachliches Interesse indizieren, wohingegen das entsprechende Interesse an der Vermittlung von SSI eher schwach ausgeprägt ist.

An 9U0VB zeigt sich, dass auch die Gruppenzusammenstellung von Relevanz ist. Während 9U0VB in den Postfragebögen zur hohen Ranggruppe zugeordnet wurde, liegt sein Lernarrangement in der tieferen Ranggruppe. In der Analyse des fachlichen Hintergrundes argumentiert 9U0VB allein aus einer fachchemischen Perspektive und stellt keinerlei naturwissenschaftliche Bezüge her oder berücksichtigt gesellschaftliche Implikationen. Daher ist es nicht überraschend, dass 9U0VB keine zur Partizipation an SSI anregenden handlungsorientierten Arbeitsaufträge formuliert hat. Die Entwicklung des Lernarrangements erfolgte in einer Gruppe mit ZNNIC, dessen Lernarrangement in der höheren Ranggruppe liegt. Daher kann vermutet werden, dass im Lernarrangement von 9U0VB die Grundlagen gelegt werden sollten für das Lernarrangement von ZNNIC.

Den Studierenden, die den tieferen Ranggruppen zugeordnet worden sind, ist gemein, dass die hochwertigsten Kodierungen in den Kategorien „Analyse des fachlichen Hintergrundes“ und „Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen“ verzeichnet wurden. Diese Studierenden konnten keine Kodierungen in Niveau 2 und 3 in den Kategorien „handlungsorientierte Arbeitsaufträge“ erreichen. Das Formulieren von „Zielen“ gelang bisweilen. Daraus kann geschlossen werden, dass sich diese Studierenden aus den tieferen Ranggruppen verstärkt an den Vorgaben des Bewertungsbogens für Hausarbeiten statt an den Implikationen aus dem Seminar für eine Vermittlung von SSI im Zuge von naturwissenschaftlicher Grundbildung orientiert haben.

6.3 Zur Untersuchung der Vermittlungsperspektiven zu SSI: Untersuchungsfrage 2.2

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 2 (Inwiefern lassen sich über SSI bei Chemielehramtsstudierenden Kompetenzen zur begründeten Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand des Themas Mikroplastik (bzw. Nitrate) fördern?), sowie der Untersuchungsfragen U2.2 (Welche grundsätzlichen Einstellungen haben die befragten Chemielehramtsstudierenden bezüglich der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik (bzw. Nitrate)?), U2.3 (: Welche Aspekte führen die befragten Chemielehramtsstudierenden an, die aus ihrer Sicht die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik (bzw. Nitrate) einschränken?) und U2.4 (Was ist den Chemielehramtsstudierenden bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik (bzw. Nitrate) besonders wichtig und was gilt es aus ihrer Sicht zu beachten?) wurden die Sichtweisen der Lehramtsstudierenden auf die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand entsprechender Themen erhoben. In Kapitel 6.3.1 werden die allgemeinen Perspektiven vorgestellt und in Kapitel 6.3.2 werden die Aspekte, die die Chemielehramtsstudierenden nennen, dargestellt.

6.3.1 Allgemeine Perspektiven auf die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI bei Chemielehramtsstudierenden

Zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand von SSI sind die Einstellungen der Lehrkräfte diesbezüglich von wesentlicher Bedeutung (Sadler et al., 2004; Saunders & Rennie, 2013; Zeidler, 2014, S. 700). Daher wurden die grundsätzlichen Einstellungen der Chemielehramtsstudierenden bezüglich der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI erhoben. Als Abstraktionsniveau wurde ein mittleres Abstraktionsniveau gewählt. Klare bedeutungstragende Elemente stellen die Kodiereinheit dar und sowohl als Kontexteinheit als auch als Auswertungseinheit dienen Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Reflexionsaufgaben und im Interview einer Person zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik bzw. Nitrate.

Dabei wurden vorab deduktiv folgende drei Oberkategorien gebildet: „Zustimmung“, „Ablehnung“ und „Zustimmung mit Einschränkung“. In der Oberkategorie „Zustimmung“ stimmen die Chemielehramtsstudierenden einer Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des jeweiligen Themas uneingeschränkt zu, indem sie bspw. schildern, dass sie eine entsprechende

Vermittlung in ihrem späteren Unterricht umsetzen wollen. Diese Oberkategorie ist über alle Teilstudien gleich, unterscheidet sich lediglich in der jeweiligen Themenformulierung, bspw. „anhand des Themas Mikroplastik“ (vgl. Kodierleitfaden zur deduktiven Kategorienanwendung zu grundsätzlichen Einstellungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI in den Mikroplastikstudien). Die Oberkategorie „*Ablehnung*“ umfasst Aussagen, in denen Chemielehramtsstudierende die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des jeweiligen Themas ablehnen und dies entsprechend nicht in ihrem späteren Unterricht umsetzen wollen. Die Oberkategorie „*Zustimmung mit Einschränkung*“ wurde dann ausgewählt, wenn Chemielehramtsstudierende der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik mit Einschränkungen zustimmen, indem sie die einschränkenden Elemente erläutern. Tabelle 65 zeigt die Anzahl der insgesamt kodierten Aussagen in den jeweiligen Oberkategorien für die Teilstudien Mikroplastik 1 und 2 sowie Nitrate.

Tabelle 65: Anzahl kodierter Aussagen der Teilstudien 1, 3 und 4 für die Oberkategorien "Zustimmung", "Ablehnung" und "Zustimmung mit Einschränkung".

Oberkategorie	Teilstudie 1 (MP1)	Teilstudie 3 (MP2)	Teilstudie 4 (Nitrate)	Insgesamt
Zustimmung	90	143	90	323
Ablehnung	0	0	1	1
Zustimmung mit Einschränkung	33	9	9	51

Hier wird die überwiegende Anzahl an uneingeschränkten *Zustimmungen* zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI deutlich. Die folgenden Aussagen von V8UOP aus der Teilstudie 1 und von XT1WFHQV aus der Teilstudie 4 illustrieren stellvertretend die zustimmende Haltung, die sich in über 300 Aussagen kodieren ließ:

Die Auswirkungen von Freisetzung von Kunststoffen in die Umwelt und somit auch Mikroplastik gehören zu den aktuellen Umweltproblemen der heutigen Zeit. Damit sollte das Thema auch mit in den Unterricht eingebracht werden. Bei einer Thematisierung im Unterricht kann eine gute Balance zwischen chemischen Inhalten, Praxisbezug und Experimentieren hergestellt werden. Das Thema eignet sich sehr gut, um Berichterstattung kritisch zu hinterfragen (Mündigkeit) und zu verstehen, was Forschen eigentlich bedeutet (V8UOP_MP1_Po),

Nitrate sind eine gesellschaftliche Herausforderung, da sie äußerst relevant sind, sowohl ökologisch als auch ökonomisch. Dies zeigt sich besonders an der Düngemittel-Debatte.

Insbesondere diese sollte im Chemieunterricht thematisiert werden. Trotz Allem dürfen Nitrate nicht verteufelt werden, sondern es soll auf die Janusköpfigkeit hingewiesen werden und der verantwortungsvolle Umgang gelehrt werden (XT1WFHQV_Ni_Po).

Aus analytischer Sicht wird in der ersten Aussage zu Mikroplastik das gesellschaftliche Umweltproblem Mikroplastik benannt und eine Unterrichtsintegrationsmöglichkeit eröffnet, die interdisziplinär geprägt ist und bei den Lernenden kritisches Denken im Sinne einer Mündigkeit fördern kann. Die zweite Aussage zu Nitraten benennt diese auch als gesellschaftliches Problem, die im Unterricht exemplarisch behandelt werden kann und wodurch ein verantwortungsvoller Umgang mit chemischen Stoffen im Sinne von Mündigkeit durch kritisches Denken gefördert werden kann. Ebenso macht diese Aussage auf die Janusköpfigkeit von Nitraten aufmerksam, die jeweils systemisch betrachtet werden müssen, um Chancen und Herausforderungen in einer modernen Gesellschaft in ein Verhältnis zu setzen. Beide Aussagen stellen die gesellschaftliche Relevanz, Möglichkeiten zur Unterrichtsintegration und Fördermöglichkeiten von kritischem Denken als SSI heraus. Die Unterschiede beider SSI liegen zum einen in der Sache selbst: Mikroplastik als SSI hat einen Fokus auf die Auswirkungen und in Bezug auf Nitrate sind diese klar, hier geht es um eine Abwägung ökologisch-gesundheitlicher Aspekte zu ökonomischen.

In der Tabelle 66 sind die Teilnehmer mit den nicht kodierbaren Aussagen aus Teilstudie 3 über den Verlauf der Erhebungsinstrumente zu sehen. Sie zeigt, dass alle vier Teilnehmer nahezu dauerhaft uneingeschränkt zustimmen, in der Reflexionsaufgabe Va ist bei U6DPTSV5 eine leichte Veränderung hin zu einer eingeschränkten Zustimmung zu beobachten. Daher kann vermutet werden, dass in der nicht kodierbaren Aussage ebenfalls eine Zustimmung mit Einschränkung vorliegt. Dass K7M32WJH nach der nicht kodierbaren Reflexionsaufgabe zur Seminarphase Vermittlung anbahnen (Va) in der Reflexionsaufgabe Vermittlung reflektieren (Vr) erneut uneingeschränkt zustimmt, lässt darauf schließen, dass eine solche auch in der Reflexionsaufgabe Va vorliegen könnte. Da S1RJ0551 und 3ONZDDG9 ihre Einstellung dauerhaft beibehalten liegt auch hier die Vermutung nahe, dass eine uneingeschränkte Zustimmung in der Reflexionsaufgabe Vr vorliegt.

Tabelle 66: Teilnehmer mit nicht kodierbaren Aussagen im Verlauf der Erhebungsinstrumente der Teilstudie 3 (MP2).

Anonymisierte Codes	Präfragebogen	Postfragebogen	Reflexionsaufgabe Wa	Reflexionsaufgabe Va	Reflexionsaufgabe Vr
K7M32WJH	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	nicht kodierbar	Zustimmung
S1RJ0551	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	nicht kodierbar
3ONZDDG9	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	nicht kodierbar
U6DPTSV5	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	nicht kodierbar

Tabelle 67 zeigt den Verlauf der Einstellungen der Chemielehramtsstudierenden über den Verlauf der Erhebungsinstrumente aus der Teilstudie 3. Hier zeigt sich, dass Teilnehmer, wenn sie eingeschränkt zustimmen, dieses jeweils nur in einem Erhebungsinstrument ausdrücken und andernfalls uneingeschränkt zustimmen.

Tabelle 67: Teilnehmer mit eingeschränkter Zustimmung im Verlauf von Teilstudie 3 (MP2).

Anonymisierte Codes	Präfragebogen	Postfragebogen	Reflexionsaufgabe Wa	Reflexionsaufgabe Va	Reflexionsaufgabe Vr
OGPS6W4J	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung
C7Q81EDU	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung
R4QACKPS	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung
NDBLS0CA	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung
3ZVGN3DE	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung
U3KJTND7	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung
MYUJO69M	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung
U6DPTSV5	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	nicht kodierbar

Der Zeitpunkt der *eingeschränkten Zustimmung* ist dabei unterschiedlich. Zwei Teilnehmende nennen zu Beginn der Erhebungen Einschränkungen und stimmen im weiteren Verlauf uneingeschränkt zu, zwei weitere nennen zum Ende hin in der Reflexionsaufgabe Va Einschränkungen, stimmen jedoch in der Reflexionsaufgabe Vr erneut uneingeschränkt zu. Die übrigen Teilnehmer nennen im Prozess Einschränkungen und stimmen ebenfalls in den letzten Erhebungsinstrumenten uneingeschränkt zu. Die folgende Tabelle zeigt die Einstellungen der Teilnehmenden zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit SSI über den Verlauf der Erhebungsinstrumente aus Teilstudie 1 (MP1), die zu einem Zeitpunkt eine eingeschränkte Zustimmung zur Vermittlung angegeben haben. Hier zeigt sich, dass von 13 Teilnehmenden mit eingeschränkter Zustimmung zur Vermittlung drei Teilnehmende von Beginn an eine eingeschränkte Zustimmung zur Vermittlung ausgedrückt haben und diese Einstellung bis zum Abschluss beibehielten. Die übrigen zehn Teilnehmenden nehmen diese Ansicht zu einem Zeitpunkt im Prozess ein. Dieser Zeitpunkt unterscheidet sich, wie auch bei Teilstudie 3 (MP2), je nach Teilnehmenden.

In der Tabelle 69 ist zunächst die Darstellung der nicht kodierbaren Kodierungen für die Teilnehmenden der Teilstudie 4 zu Nitraten über den Verlauf der Erhebungsinstrumente zu sehen.

Tabelle 68: Einstellung der Teilnehmenden mit eingeschränkter Zustimmung über den Verlauf der Erhebungsinstrumente für Teilstudie 1.

Anonymisierte Codes	Postfragebogen	Reflexionsaufgabe Wa	Reflexionsaufgabe Va	Reflexionsaufgabe Vr	Abschlussreflexion
L6DNQ	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung mit Einschränkung
ZNNIC	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung mit Einschränkung
9U0VB	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung mit Einschränkung
KMQQ8	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung
V8UOP	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung
KSNN3	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung
AADM6	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung
HCQXA	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung
KMQQ8	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung
SPGE2	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung
F6MKK	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung
9N5VM	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung
RNZXE	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung

2YE6DAR2 ändert die Sichtweise zur Vermittlung von Zustimmung mit Einschränkung zu Zustimmung und wieder zu Zustimmung mit Einschränkung, bei den übrigen Teilnehmenden deren Aussagen in einem Erhebungsinstrument nicht kodierbar waren, teilen in den übrigen Erhebungsinstrumenten deutlich mit, dass sie einer Vermittlung uneingeschränkt zustimmen. Die Ergebnisse der anderen Teilstudien dahin gehend, dass die Studierenden ihre Sichtweise selten wechseln, legt nahe, dass auch in den nicht kodierbaren Erhebungsinstrumenten aller Wahrscheinlichkeit nach einer uneingeschränkten Zustimmung vorliegen könnte.

Tabelle 69: Teilnehmer mit nicht kodierbaren Aussagen im Verlauf der Erhebungsinstrumente der Teilstudie 4.

Anonymisierte Codes	Präfragebogen	Postfragebogen	Reflexionsaufgabe Wa	Reflexionsaufgabe Va
2YE6DAR2	Nicht kodierbar	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung
FL2N3WGW	Nicht kodierbar	-	Zustimmung	Zustimmung
6NW6DSVO	Zustimmung	Nicht kodierbar	Zustimmung	Zustimmung
RZDUR9IX	Zustimmung	Nicht kodierbar	Zustimmung	-
1D47RSVU	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Nicht kodierbar
HSJTL59F	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Nicht kodierbar

Auch für die Teilstudie 4 zu Nitraten wurde einmal für die Teilnehmenden, welche in einem Erhebungsinstrument eine eingeschränkte Zustimmung mitteilen, die Perspektive über den Verlauf der Erhebungsinstrumente untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 70 dargestellt. Bei dieser

Studierendengruppe zeigt sich, anders als bei den anderen beiden Teilstudien, dass die Studierenden mit eingeschränkter Zustimmung ihre Sichtweise häufig wechseln. Über alle Teilstudien und Erhebungsinstrumente hinweg gab es nur in der Teilstudie 4 zu Nitraten mit 3WTAJ4FN eine ablehnende Haltung gegenüber der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI, und auch nur im Prä-Fragebogen, also vor einer intensiven inhaltlichen und didaktisch-methodischen Auseinandersetzung. 3WTAJ4FN änderte die Perspektive von ablehnend im Präfragebogen zu uneingeschränkter Zustimmung im Postfragebogen, zu Zustimmung mit Einschränkung in der Reflexionsaufgabe der Phase zur Wissensaneignung, hin zur erneuten uneingeschränkten Zustimmung in der Reflexionsaufgabe zur Vermittlung anbahnen. Mit der folgenden Aussage startete 3WTAJ4FN in den Präfragebögen:

Ich bezweifle, dass das Thema große Bedeutung in meinem Unterricht haben wird. Ich finde andere Themen wichtiger und interessanter. Um SuS abzuholen, müssen sie ein gutes Vorwissen mitbringen und da bieten sich Themen wie der Kohlenstoffkreislauf mehr an (3WTAJ4FN_Ni_Pr).

Diese Person verdeutlicht hier die geringe Bedeutung des Themas, die Wichtigkeit anderer Themen und die Komplexität des Themas mit dem damit einhergehenden Bedarf an Vorwissen. Diese Person änderte die Ansicht unter anderem hin zu „Nitrate als Beispiel für eine in der Industrie viel genutzte Verbindung mit Umweltfolgen klingt mittlerweile nach einer attraktiven Themenreihe für den Unterricht“ (3WTAJ4FN_Ni_Po) in den Post-Fragebögen. Hier wird die Bedeutung der Nitrate für die Industrie deutlich, es werden Umweltfolgen benannt und die Eignung für den Unterricht daher hervorgehoben. Die Veränderung in der Bedeutung des Themas sind augenfällig, denn es wird eine entgegengesetzte Position eingenommen und begründet.

Tabelle 70: Einstellung der Teilnehmenden mit eingeschränkter Zustimmung über den Verlauf der Erhebungsinstrumente für Teilstudie 4.

Anonymisierte Codes	Präfragebogen	Postfragebogen	Reflexionsaufgabe Wa	Reflexionsaufgabe Va	Interviews
2YE6DAR2	nicht kodierbar	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	-
BVP85G40	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	-
FUXP4EYN	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	-
Y15K21T2	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	-	-
3WTAJ4FN	Ablehnung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung	Zustimmung	-
JYZ9Q9CB	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung mit Einschränkung

Die von den Teilnehmenden genannten Einschränkungen bei der Angabe ihrer Zustimmung zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI waren derart interessant, dass sie zu einer genaueren Untersuchung und induktiven Kategorienbildung führten. Die gefundenen Kategorien werden im Folgenden genauer beschrieben, die Kategoriensysteme befinden sich in tabellarischer Form im Anhang. In den Teilstudien 1 und 3 zu Mikroplastik konnten die folgenden vier Kategorien gebildet werden: „Fächerübergreifende Vermittlung ist geeigneter“, „Kunststoffe sind besser erforscht als Mikroplastik“, „zu wenig Zeit für Mikroplastik gegeben“ sowie „Mikroplastik ist ein zu komplexes Thema“.

Die Kategorie „*Fächerübergreifende Vermittlung ist geeigneter*“ wurde aus Aussagen gebildet, in denen Chemielehramtsstudierende erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Mikroplastik grundsätzlich zustimmen, jedoch eine fächerübergreifende Vermittlung, etwa in Projekten, als geeigneter ansehen, um die Facetten des Themas ausführlich über mehrere Schulfächer thematisieren zu können. Etwaige Aussagen ließen sich 21mal in Teilstudie 1 und siebenmal in Teilstudie 3 finden. Die folgende Aussage stellt eine charakteristische Antwort der Teilnehmenden dar:

Ich halte das Thema für relevant, denke allerdings, dass es ein gutes Thema für übergreifenden Unterricht wäre. So kann im Chemieunterricht sicherlich über die chemischen Eigenschaften von Mikroplastik gesprochen werden, sehe aber die Auswirkung auf den einzelnen Organismus eher im Biologieunterricht (C7Q81EDU_MP2_Pr).

Diese Person stellt die Relevanz des Themas Mikroplastik heraus und beschreibt eine interdisziplinäre Behandlung als Möglichkeit der Vernetzung mit dem Biologieunterricht. Aus Aussagen, in denen Chemielehramtsstudierende erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Mikroplastik grundsätzlich zustimmen, jedoch Herausforderungen darin sehen, dass bei diesem Thema aus wissenschaftlicher Perspektive noch Unklarheiten und Herausforderungen liegen und sie daher Kunststoffe im Allgemeinen eher in den Fokus stellen und Mikroplastik als Spezialfall thematisieren würden, führten zur Bildung der Kategorie „*Kunststoffe sind besser erforscht als Mikroplastik*“. In Teilstudie 1 konnte diese Kategorie viermal und in Teilstudie 3 zweimal kodiert werden. Diese Sichtweise lässt sich mit der folgenden Aussage verdeutlichen, die eine curriculare Einordnung vornimmt, auf die Bedeutung der Studienlage in Bezug zum Umfang der Thematisierung kritisch eingeht und selbst bei aktuell tendenziell unsicherer Studienlage (laut dieser Person) eine begrenzte Einbindung als sinnvoll erscheint:

Mikroplastik und die Herausforderungen können im Grundkurs thematisiert werden. Ich würde es nur als eine alleinstehende Reihe thematisieren, wenn es weitaus mehr Studien

zu den Auswirkungen auf den Menschen gibt, ansonsten würde ich es nur als kleines 1-3 Stunden Thema einbinden (L6DNQ_MP1_Po).

Die nächsten beiden Kategorien wurden jeweils viermal in Teilstudie 1 (MP1) und keinmal in Teilstudie 3 (MP2) kodiert. Vier Chemielehramtsstudierenden aus Teilstudie 1 erläuterten, nach einer grundsätzlichen Zustimmung zur Vermittlung des Themas Mikroplastik, dass sie Erschwernisse in der Thematisierung aufgrund des Lehrplans und des damit einhergehenden geringen Stundenkontingents sehen, sodass die Kategorie „zu wenig Zeit für Mikroplastik gegeben“ gebildet wurde.

Bei einem sehr eng gestrickten Lehrplan ist es meiner Meinung nach sehr schwierig dieses Thema in Gänze zu behandeln, da man mitunter nur 1-2 Stunden die Woche in einer Klasse unterrichtet. Nichtsdestotrotz finde ich das Thema wichtig, um ein allgemeines Verständnis für die Problematik Mikroplastik zu schaffen (HCQXA_MP1_Po).

In dieser Aussage zeigt sich, dass ein Zeitproblem zur Vermittlung von einigen Studierenden wahrgenommen wird. Jedoch die Wichtigkeit des Themas bestehen bleibt, wodurch ein allgemeines Verständnis zu vermitteln sei. Ebenfalls vier Chemielehramtsstudierenden aus Teilstudie 1 erläuterten, nach einer grundsätzlichen Zustimmung zur Vermittlung des Themas Mikroplastik, dass sie das Thema aufgrund der Komplexität als schwierig für Lernende an den verschiedenen Schulformen einschätzen. Daraus wurde die Kategorie „Mikroplastik ist ein zu komplexes Thema“ gebildet. Die Komplexität, die einige Studierende als Herausforderung für die Vermittlung sehen, wird an dieser Aussage deutlich: „Für die SuS könnte es jedoch je nach Schulform schwer werden das Thema wirklich komplett zu verstehen, da es sehr komplex ist.“ (KMQQ8_MP1_Po). Die Zahlen machen deutlich, dass aus Sicht der Studierenden mit 28 Kodierungen im Vergleich zu 6 bzw. 4, die Einschränkungen in erster Linie darin bestehen, dass sich die Studierenden eine fächerübergreifende Thematisierung wünschen, um dem Thema in all seinen Facetten gerecht zu werden.

In der Teilstudie 4 zum Thema Nitrate konnten aus den Aussagen mit eingeschränkter Zustimmung zur Vermittlung die folgenden drei Kategorien gebildet werden: „Einbettung des Themas Nitrate in den Lehrplan schwierig“, „Vermittlung des Themas Nitrate, wenn es die Unterrichtszeit neben anderen wichtigen Themen zulässt“ und „Potenzielles Desinteresse der Lernenden an Thematik“. Die erste Kategorie wurde aus Aussagen gebildet, in denen die Chemielehramtsstudierenden nach einer grundsätzlichen Zustimmung zur Vermittlung erläutern, dass eine Einbettung des Themas Nitrate, mit dem entsprechenden Lehrplan begründet, schwierig sei. Diese Schwierigkeit sahen insgesamt sechs Studierende. Die folgende Aussage von 2YE6DAR2 aus den Reflexionsaufgaben zur Seminarphase Vermittlung an-

bahnen stellt eine typische Aussage der Studierenden zur eingeschränkten Zustimmung zur Vermittlung unter Beachtung der Herausforderung der Einbettung in den Lehrplan dar: „Wenn diese Thematiken in die Unterrichtsreihen und den schulischen Lehrplan reinpassen, würde ich auf jeden Fall diese Themen in Betracht ziehen“ (2YE6DAR2_Ni_RVa).

Aus zwei Aussagen wurde die zweite Kategorie gebildet. Dabei erläuterten beide Probanden, dass sie einer Vermittlung des Themas Nitrate grundsätzlich zustimmen, doch sehen sie Herausforderungen, es in der wenigen Unterrichtszeit im Chemieunterricht neben anderen wichtigen Themen zu thematisieren. Diese Kategorie ist mit der Kategorie „zu wenig Zeit für Mikroplastik gegeben“ aus den Teilstudien 1 und 3 (MP1 & MP2) vergleichbar und lässt sich anhand der folgenden Aussage von illustrieren:

Sofern es die Zeit zulässt, würde ich Nitrate und den Stickstoffkreislauf einbeziehen, um Verknüpfungspunkte zu den Fächern Biologie und Geografie zu ermöglichen. Um einen genauen Zeitpunkt festzulegen, müsste ich den Lehrplan kennen (BVP85G40_Ni_RWa).

Die letzte Kategorie wurde aus der folgenden Aussage von Y15K21T2 gebildet, in der es nach einer grundsätzlichen Zustimmung zur Vermittlung Erschwernisse in der Thematisierung aufgrund potenziellen Desinteresses der Lernenden gesehen werden:

Beim Thematisieren würde ich Wert darauflegen, den Schülern klarzumachen wie vielseitig bestimmte Sachen besprochen werden können und das vieles auch außerhalb der Themen an anderen Stellen wichtig sein können. Die Herausforderung wird wahrscheinlich sein – wie bei vielen Themen – das Interesse der Kinder in dem Bereich zu wecken (Y15K21T2_Ni_RWa).

6.3.2 Fach- und sachbezogene Aspekte zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand von SSI

In den Fragebögen und Interviews wurden die Chemielehramtsstudierenden ebenfalls danach gefragt, was ihnen bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des entsprechenden Themas (Mikroplastik oder Nitrate) besonders wichtig sei und, was es aus ihrer Sicht zu beachten gilt. Es werden daher im Folgenden fach- und sachbezogene Aspekte zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung von SSI vorgestellt. Auch hier wurde für die Auswertung ein mittleres Abstraktionsniveau gewählt, Aussagen im ausgefüllten Post-Fragebogen, in den Reflexionsaufgaben und im Interview einer Person zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des jeweiligen Themas wurden sowohl für die Kontext- als

auch für die Auswertungseinheit gewählt. Klare bedeutungstragende Elemente sind als Kodiereinheit gewählt worden. Anhand der Aussagen wurden zunächst Kategorien gebildet, diese wurden im Anschluss zu Hauptkategorien zusammengefasst. In der Teilstudie 1 (Mikroplastik) wurden folgende neun Hauptkategorien gebildet: Lernmöglichkeiten (Mö), Beiträge zum Umgang mit Medien (MMk), Inhaltliche Aspekte Mikroplastik (IAM), Schwierigkeiten (Sw), konkrete Ideen zur Vermittlung (kI), Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln (gHa), Möglichkeiten zur Unterrichts-anbindung (Ua), Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte (UN) und Vermittlung von naturwissenschaftlicher Grundbildung mit SSI (V).

Der Hauptkategorie „*Lernmöglichkeiten*“ (Mö) konnten vier Kategorien zugeordnet werden: „MöA Mikroplastikthematik ermöglicht vielseitiges Lernen, MöB Vorläufigkeit der Erkenntnisse über Mikroplastik, MöC Mikroplastikthematik ermöglicht Lebensweltbezüge, MöD Möglichkeit wissenschaftliche Prozesse zu thematisieren“. Tabelle 71 zeigt die Häufigkeiten dieser Kategorien für die Teilstudien 1 und 3. In beiden Teilstudien wurden die ermöglichten Lebensweltbezüge (MöC) am häufigsten als Lernmöglichkeiten genannt, gefolgt von der Möglichkeit des vielseitigen Lernens (MöA). Die Kategorie „MöC Mikroplastikthematik ermöglicht Lebensweltbezüge“ streckt sich in Teilstudie 1 von Aussagen, wie „Mir ist es besonders wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler das Thema "mit nach Hause nehmen" und in ihrem Alltag das Thema integrieren“ (AADM6_MP1_Po) hin zu

Meiner Meinung nach bietet die Thematik des Mikroplastiks eine schöne Möglichkeit den Unterricht nicht zu abstrakt, sondern auch alltagsnah gestalten zu können. Denn jeder Schüler kommt in seinem Leben unzählige Male mit Mikroplastik in Kontakt (9N5VM_MP1_RVr)

und in Teilstudie 3 von Aussagen, wie „Bei der Thematisierung ist die Herstellung eines Bezugs zur Wirklichkeit der SchülerInnen besonders wichtig“ (MYUJO69M_MP2_Pr), hin zu „SuS für Thematik sensibilisieren durch Alltagsbeispiele“ (0R81SE6W_MP2_Pr). Alle Aussagen zu dieser Kategorie MöC beschreiben die Wichtigkeit von Lebensweltbezüge über Förderung eines tieferen Verständnisses *für* den Alltag und seine Bewältigung, für eine Lernumgebung und didaktische Struktur, die *am* Alltag ansetzt und Lernen von dort aus betrachtet gestaltet, um *durch* Alltagsbezüge einen relevanten Realitätsbezug schafft, der motivierend wirkt und sensibilisiert.

Die folgenden Aussagen aus den beiden Teilstudien zu Mikroplastik illustrieren charakteristische Sichtweisen der Studierenden zur Kategorie „MöA Mikroplastikthematik ermöglicht vielseitiges

Lernen“. Die Sichtweisen zur Ermöglichung vielseitigen Lernens erstrecken sich von „eigenständige Erarbeitung der Thematik“ (0R81SE6W_MP2_Pr) über „Aber auch Mikroplastik bietet spannende Diskussionsgrundlagen im Unterricht“ (OGPS6W4J_MP2_Pr) und „Ich würde das Thema exemplarisch behandeln, da die daraus resultierende gesellschaftliche Diskussion auch auf andere umweltbezogene Themengebiete übertragen lassen“ (U3KJTND7_MP2_Po) hinzu

Spannend ist, dass man das Thema gut kontextualisieren kann (Klima, Ozean, Kläranlage etc.) und damit zusätzliches Interesse am Thema selbst und der Relevanz für unsere Gesellschaft und die Zukunft aufzeigen kann (0R81SE6W_MP2_RVa)

in Teilstudie 3. Auch Teilstudie 1 spiegelt ähnliche Sichtweisen wider:

Anhand der Lernarrangements habe ich mitgenommen, dass eine mögliche Umsetzung z.B. in Form von Stationsarbeit gut funktioniert und eine Diskussionsrunde mit verschiedenen Standpunkten finde ich eine gelungene Idee, um die Vielseitigkeit des Gegenstandes hervorzuheben (ZNNIC_MP1_Po).

Diese Aussagen zeigen, inwiefern Mikroplastik als SSI, d. h. gesellschaftsrelevantes Problem mit naturwissenschaftlichen Bezügen, aus Sicht der Chemielehramtsstudierenden vielseitiges Lernen ermöglichen kann. Dabei werden eigenständige Erarbeitungen verbunden mit kontextualisierten Diskussionen und praxisorientiertem Lernen nicht nur zur Anhäufung von Wissen, sondern zur Bewältigung von komplexen Anforderungssituationen (Lersch, 2007; Lersch, 2010a; ebd., 2010b) – Lernende können hiermit nicht nur auf eine akademische Auseinandersetzung vorbereitet werden, sondern auch darauf SSI in ihrem Alltag und in ihrer zukünftigen Rolle in der Gesellschaft kompetent als verantwortungsbewusste Menschen zu handeln. Denn eine eigenständige und praxisorientierte Erarbeitung des Themas Mikroplastik in einer kontextualisierten und vielfältigen Weise unter Verwendung naturwissenschaftlicher Methoden kann kritisches Denken und Eigenverantwortung fördern, wodurch exemplarisch am SSI Mikroplastik Chancen für Übertragungen auf andere SSI entstehen.

Tabelle 71: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu Lernmöglichkeiten für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 1	Häufigkeit Teilstudie 3
GESAMT	51	72
MöA Mikroplastikthematik ermöglicht vielseitiges Lernen	15	20
MöB Vorläufigkeit der Erkenntnisse über Mikroplastik	5	12
MöC Mikroplastikthematik ermöglicht Lebensweltbezüge	25	28
MöD Möglichkeit wissenschaftliche Prozesse zu thematisieren	6	12

Zwei Kategorien konnten zur Hauptkategorie „*Beiträge zum Umgang mit Medien*“ zugeordnet werden: MMkA Medienkompetenz anhand der Mikroplastikthematik fördern und MMkB Aussagen und Quellen kritisch reflektieren lernen. Die Häufigkeiten in der Kodierung dieser beiden Kategorien können der Tabelle 72 entnommen werden. Die häufigste Kategorie ist in beiden Teilstudien jene zur kritischen Reflexion von Aussagen und Quellen. Diese Kategorie wurde in der Teilstudie 1 doppelt so häufig, wie in Teilstudie 3 genannt. Die folgenden Aussagen der Studierenden der Teilstudien 1 und 3 illustrieren diverse Positionen zur Förderung von Medienkompetenz anhand von Mikroplastik: „Das Thema eignet sich sehr gut, um Berichterstattung kritisch zu hinterfragen“ (V8UOP_MP1_Po), „Zusätzlich finde ich in dem Zusammenhang die Bewertung von Quellen und deren Seriosität gut umsetzbar“ (KSNN3_MP1_Po), „Bewusster Konsum von Werbung, Medien, Schulmaterialien (Können meine Schüler am Ende der Einheit verschiedene Quellen kritisch bewerten?)“ (V8UOP_MP1_RAr) sowie „Während der Thematisierung wäre mir wichtig, dass die Schüler mit aktuellen Quellen arbeiten und lernen Quellen kritisch zu beurteilen“ (3QU7SJJ2_MP2_Po). Die verschiedenen Aussagen zeigen die Vielfalt an Möglichkeiten, die aus der Thematisierung von SSI möglich werden und von den Lehrenden gesehen werden:

Auch wäre eine kritische Auseinandersetzung mit medialen Darstellungen von Mikroplastik vorstellbar und wichtig (C7Q81EDU_MP2_RWa),

Man kann anhand davon, auch die kriteriengeleitete Meinungsbildung und die Urteils- sowie die Medienkompetenz der Schüler schulen, was ich in der heutigen Zeit sehr wichtig finde (2NQGB_MP1_Po),

Und dann würde ich, glaube ich, liegt vermutlich daran, dass ich mich jetzt auch stark damit beschäftigt habe, aber irgendwie auf Medien verweisen; weil ich gesehen habe, wie oft so Beautyinfluencer, so auch das Thema aufgreifen und, dass da, glaube ich, ganz großes Potenzial da drinnen steckt, die Schüler irgendwie dann da abzuholen, bei den Medien, die sie konsumieren und was sie irgendwie täglich sehen und, dass das ein guter Punkt ist, um auf verschiedene Punkte einzugehen, je nachdem was der Lehrer denn gerade vor hat (G3WDG2H7_MP2_I).

Dabei stellen die Chemielehramtsstudierenden besonders die Mehrwerte für den Chemieunterricht durch die Berücksichtigung von Medien dahingehend heraus, dass ein gesellschaftlicher Mehrwert entsteht und die Lernenden in Urteilsprozessen ihr Wissen kompetenzorientiert anwenden müssen. Damit kommt dem SSI Mikroplastik eine Art Plattform zur Förderung von Medienkompetenz zu, da die Lernenden hier exemplarisch den kritischen Umgang, die Analyse und Bewertung von

Medieninhalten üben können, um sie auf die Herausforderungen der Medien in der (digitalen) Welt vorzubereiten. Dabei kann durch diesen SSI Mikroplastik nicht nur fachlich, sondern überfachlich und exemplarisch gelernt werden, was dem Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit ihren informierten und verantwortungsbewussten Bürgern nahekommt. Die verschiedenen Aussagen untermauern dies, aber beleuchten jeweils unterschiedliche Aspekte, auf die hier nochmal differenzierter aspektorientiert eingegangen werden soll. Anhand des Themas Mikroplastik kann ein Bewusstsein für die Qualität und Objektivität von Aussagen gefördert werden, wodurch eine Auseinandersetzung mit verschiedenen Artefakten und Quellenseriösitätsbewertungen Gegenstand von Chemieunterricht werden. Da die Lernenden in ihrem späteren Leben nicht über vollständige und absolut sichere Ergebnisse verfügen, sondern aus einem Strauß an Informationen und Informationsfetzen Schlussfolgerungen zu ziehen haben, entstehen hier reale Lernsituationen. Dabei können die Lernenden für unterschiedliche Perspektiven und Narrative in Medien sensibilisiert werden und kriterial bewertet lernen, was bspw. in Zeitungen, im Internet oder in Posts von Influencern verschiedener Portale gesprochen werden.

Tabelle 72: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Beiträge zum Umgang mit Medien“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 1	Häufigkeit Teilstudie 3
GESAMT	31	20
MMkA Medienkompetenz anhand der Mikroplastikthematik fördern	6	8
MMkB Aussagen und Quellen kritisch reflektieren lernen	25	12

Wurden inhaltliche Aspekte von den Chemielehramtsstudierenden genannt, welche sich mit Mikroplastik vermitteln lassen, wurden diese in der Oberkategorie „*Inhaltliche Aspekte Mikroplastik*“ kodiert. Sieben Kategorien konnten hier aus den verschiedenen Aussagen der Studierenden gebildet werden. Die Tabelle 73 zeigt die Kategorien und ihre Verteilung in der absoluten Häufigkeit aus den Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik). In dieser Oberkategorie gibt es mit 93 Kodierungen aus der Teilstudie 3 sehr viele inhaltliche Aspekte, welche die Studierenden dieser Teilstudie nennen. In der Teilstudie 1 ist der häufigste inhaltliche Aspekt das Vermitteln der Wichtigkeit von Recyclingprozessen (IAMG) mit 7 Kodierungen, gefolgt von der Vermittlung der Folgen von Mikroplastik und Kunststoffen (IAMB) mit 5 Kodierungen. Mit 19 Kodierungen in der Teilstudie 3 sind die Folgen (IAMB) die am häufigsten kodierte Kategorie in dieser Oberkategorie, gefolgt von, mit jeweils 17 Kodierungen, der Thematisierung der Eigenschaften von Mikroplastik (IAME) und der Thematisierung der Herausforderungen von Mikroplastik (IAMF). Die häufigsten zwei bzw. drei Kategorien in den Teilstudien zu Mikroplastik sind derart unterschiedlich, dass charakteristische

Aussagen der Kategorien zunächst aus Teilstudie 1 und anschließend aus Teilstudie 3 vorgestellt werden. Aus einer Aussage, wie „Wichtigkeit von Recycling“ (L6DNQ_MP1_Po), wurde der Kategoriennamenname „IAMG Wichtigkeit von Recyclingprozessen vermitteln“ gebildet. Indirekter ist die folgende Aussage: „Dabei ist es wichtig, dass die SuS lernen, warum Kunststoffe sich nicht einfach so abbauen und wie sie hergestellt werden“ (KMQQ8_MP1_Po). Beide Aussagen gehen jedoch auf die Wichtigkeit von Recycling und dem Umgang mit Kunststoffen nach der Nutzung ein.

Die folgende Aussage führte zur Bildung der Kategorie „IAMB Folgen von Mikroplastik und Kunststoffen vermitteln“: „Bei der Thematisierung wäre mir es besonders wichtig das den SuS die Gefahren von MP und somit Plastik im Allgemeinen [verdeutlicht werden, Anm. d. Verf.]“ (L6DNQ_MP1_Po). Diese Kategorie ist die häufigste Kategorie in Teilstudie 3. Die folgenden Aussagen stammen aus Teilstudie 3: „Besonders wichtig wäre mir, dass die Schüler*innen verstehen, warum Mikroplastik schädlich ist, damit sie einen verantwortungsvollen Umgang mit Plastik auch verinnerlichen“ (TR9UMZLU_MP2_Pr), „Mir wäre es besonders wichtig auf die Risiken und Folgen einzugehen“ (INQDXE5X_MP2_Pr), und „wie gefährlich es für einige Lebewesen sein kann“ (4B6B5BMZ_MP2_RWa) um nur einige zu nennen. Die Chemielehramtsstudierenden haben dabei die Folgen von Mikroplastik aus fachlicher Sicht priorisiert, sie manifestieren, dass zur Beurteilung eines SSI das fachliche Fundament die Grundlage bildet.

Den Chemielehramtsstudierenden sind dabei nicht nur die Folgen wichtig, sondern auch die Eigenschaften von Mikroplastik. Daher ist eine der beiden zweithäufigsten Kategorien aus Teilstudie 3 „IAME Eigenschaften von Mikroplastik thematisieren“. Die folgenden Aussagen dienen einer überblicksartigen Darstellung verschiedener Sichtweisen der Studierenden, die mithilfe dieser Kategorie zusammengefasst werden konnten. Denn die Chemielehramtsstudierenden argumentieren, dass durch die Thematisierung der chemischen Grundlagen von Mikroplastik ein umfassendes Verständnis für die Herausforderungen dieses SSI erst ermöglicht wird.

Andererseits natürlich bei Plastik und Mikroplastik, das wird mit Polymeren in einem Durchgang wahrscheinlich unterrichtet werden, kommen natürlich ein paar chemische Eigenschaften von Mikroplastik. Dass es halt so wahnsinnig stabil ist und so langsam zerfällt. Sie ist halt sehr wichtig, diese Struktur-Eigenschaft [-s-Beziehung, Anm. d. Verf.], die man daran erklären kann (U3KJTND7_MP2_FUI).

Die andere zweithäufigste Kategorie dieser Teilstudie ist „IAMF Herausforderungen von Mikroplastik thematisieren“. Diverse zu thematisierende Herausforderungen aus Sicht der Studierenden werden durch die folgenden Zitate illustriert:

Mir wäre es wichtig das Ausmaß an und von Mikroplastik zu vermitteln (in Neugeborenen wird bereits Mikroplastik nachgewiesen) (K7M32WJH_MP2_Pr),

Sehr interessant finde ich in diesem Zuge aber auch Überlegungen, wie allgemein mit den riesigen Plastikmüllbergen umgegangen werden kann. Es gibt ja bereits ein Bakterium, was dieses abbauen kann. Vielleicht lässt sich hier auch eine chemische Lösung finden (C7Q81EDU_MP2_Pr),

Alles, was wir machen, hat Folgen, auch wenn wir die Auswirkungen noch nicht kennen“ (TR9UMZLU_MP2_Po),

außerdem die Problematik der vielen verschiedenen Kunststoffe inklusive ihrer Additive aufzeigen und damit auch, warum unser Plastikmüll kaum recycelt werden kann (MH9X3TK6_MP2_Po).

Aus diesen Aussagen wird auch die Mannigfaltigkeit der didaktischen Strukturierung dieses Themas durch verschiedene Akzente deutlich. Diese Aussagen der Chemielehramtsstudierenden belegen, dass Chemieunterricht, der SSI thematisieren möchte, nicht als Kochrezept funktionieren kann, sondern differenziert auf die diagnostizierten Anforderungen der Lernenden unter Beachtung curricularer Vorgaben geplant, durchgeführt und reflektiert werden muss. Auf einer Meta-Ebene haben die Chemielehramtsstudierenden hiermit gezeigt, dass die Thematisierung von Herausforderungen von Mikroplastik auf verschiedenen Wegen erreicht werden kann.

Tabelle 73: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Inhaltliche Aspekte Mikroplastik“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 1	Häufigkeit Teilstudie 3
GESAMT	21	93
IAMA Mit Mikroplastik Ambivalenz von Kunststoff aufzeigen	3	14
IAMB Folgen von Mikroplastik und Kunststoffen vermitteln	5	19
IAMC Alternativen zu Kunststoffen thematisieren	2	7
IAMD Mikroplastikdefinitionen reflektieren	1	11
IAME Eigenschaften von Mikroplastik thematisieren	1	17
IAMF Herausforderungen von Mikroplastik thematisieren	2	17
IAMG Wichtigkeit von Recyclingprozessen vermitteln	7	8

Es konnten Aussagen kodiert werden, in denen die Chemielehramtsstudierenden Schwierigkeiten nannten. Daraus konnten drei Kategorien gebildet werden, die wiederum zur Bildung der Oberkategorie „*Schwierigkeiten*“ führten. Die Häufigkeiten werden in der Tabelle 74 dargestellt. Es zeigt sich, dass mit 14 Kodierungen verglichen zu 4 Kodierungen die Studierenden der Teilstudie 1 mehr

Schwierigkeiten sehen als die der Teilstudie 3, die jeweils Mikroplastik als Thema hatten. Die gebildeten Kategorien decken sich mit den genannten Einschränkungen in der Zustimmung zur Vermittlung. Die Häufigkeiten der benannten Schwierigkeiten aus Teilstudie 1 sind recht gleichmäßig über die Kategorien verteilt. Die häufigste Kategorie von Teilstudie 3 ist, dass aus Sicht der Studierenden die Thematik Mikroplastik für die Lernenden zu komplex ist. Die folgenden Aussagen aus den Teilstudien 1 und 3 stellen die Kategorie „SwA Mikroplastikthematik ist für Lernende zu komplex“ dar:

Für die SuS könnte es jedoch je nach Schulform schwer werden das Thema wirklich komplett zu verstehen, da es sehr komplex ist (KMQQ8_MP1_Po),

Bei der Thematisierung kommt es darauf an, inwiefern mit den Lernenden darüber inhaltlich diskutiert werden kann und welcher Altersgruppe sie angehören (JP1MYBJS_MP2_Pr),

Jedoch müsste dieses Thema an vielen Stellen etwas vereinfacht werden, da einige Aspekte des Themas sonst zu komplex sein könnten für die SuS (R4QACKPS_MP2_Po).

Diese genannten Schwierigkeiten der Chemielehramtsstudierenden, die noch kein Referendariat abgeschlossen haben und keine vertiefte Schulpraxis haben, stellen somit Befürchtungen dar.

Tabelle 74: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Schwierigkeiten“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 1	Häufigkeit Teilstudie 3
GESAMT	14	4
SwA Mikroplastikthematik ist für Lernende zu komplex	5	3
SwB Umfangreiche Mikroplastikthematik zeitlich schwer umsetzbar	5	0
SwC Forschungslücken und Vorläufigkeiten erschweren Vermittlung	4	1

In Tabelle 75 zeigt sich, wie viele *konkrete Ideen zur Vermittlung* die Studierenden nennen. Dabei geht es bei dieser Kategorie sowohl um inhaltliche als auch um methodische Ideen. Diese Kategorie zeigt damit verschiedenste Ansätze, die aus Sicht der Chemielehramtsstudierenden ertragreich sind. Die häufigste Kategorie der Studierenden aus Teilstudie 1 ist kIC, die Verwendung offener Arbeitsformen zum eigenständigen Wissenserwerb, mit 17 Kodierungen, zweithäufigste Kategorie dieser Teilstudie ist mit 14 Kodierungen „kIA Vermittlungsweg von den chemischen Grundlagen zu den Folgen“. Diese Kategorie ist mit 10 Kodierungen, zusammen mit der Kategorie „kIH Experimente zur Mikroplastikthematik“ die häufigste Kategorie in der Teilstudie 3. Die folgenden

Aussagen aus Teilstudie 1 verdeutlichen die Kategorie „kIC Offene Arbeitsformen zum eigenständigen Wissenserwerb“, diese wurde dann kodiert, wenn der eigenständige Wissenserwerb im Fokus stand. Als analytische Klammer bündelt diese Kategorie verschiedene Wirkfaktoren offener Arbeitsformen zum selbständigen Wissenserwerb und manifestieren die verschiedenen Möglichkeiten, die die Chemielehramtsstudierenden sehen. Die folgende Aussage legt einen Schwerpunkt auf Schülerzentrierung und Eigenständigkeit:

Bei Thematisierung wäre mir besonders wichtig, dass die Schüler*innen selber diese Problematik herausarbeiten, erkennen und thematisieren, sodass sie für sich selber diese Bezüge und Probleme für sich erkennen (AADM6_MP1_RVr).

Es wird deutlich, dass Lernende Konstrukteure ihres Wissens sein sollen. Dabei sollen sie nicht vereinzelt vorgehen, sondern aktiv und kollaborativ, wie die folgende Aussage illustriert:

Expertenteams mit vorgegebener Literatur (weil so schwierig adäquate und seriöse Literatur, gerade für SuS) zu Kosmetik, Textilien, Lobbyismus, etc. dann vorstellen und besprechen
Sicherung im Plenum (AADM6_MP1_RWa).

Aus diesem Textausschnitt wird deutlich, dass die Lernenden nicht nur auf sich geworfen sind, sondern immer eine Sicherung im Plenum stattfinden soll. Es wird aufgrund der fachlichen Herausforderungen deutlich, dass die Lernenden für den selbstständigen Wissenserwerb Hilfsmittel benötigen, Werkzeuge zur Arbeit. Der folgende Chemielehramtsstudierende hat eine Idee:

Ich würde gerne Mikroplastik anhand einer Concept-Map aufbereiten lassen, da die Thematik sehr vielschichtig ist und erst dann genau verständlich wird, wenn die Schüler*Innen diese klarstrukturieren können (F6MKK_MP1_RAr).

Es wird deutlich, dass durch Concept-Maps eine kognitive Strukturierung und Bewusstmachung von Zusammenhängen dienlich sei. Da die Kategorie „kIA Vermittlungsweg von den chemischen Grundlagen zu den Folgen“ in Teilstudie 1 und 3 zu den Häufigsten gehörte, werden die Aussagen zu dieser Kategorie für beide Teilstudien zusammen vorgestellt. Es wird in allen Aussagen deutlich, dass eine fundierte und strukturierte Vermittlung chemischer Grundlagen von Bedeutung ist, dies gelingt durch eine Kombination von Fachlichkeit, Multiperspektivität, Eigenständigkeit und Experimenten. Es wird in vielen Aussagen deutlich, dass von der Sachstruktur ausgegangen werden soll, was die folgende exemplarisch zeigt:

Eine Einführung zu Kunststoffen zu geben und anschließend auf die Entstehung von Mikroplastik eingehen. Darauf aufbauend die anderen Bereiche von Mikroplastik vernetzen und anhand von passenden Arbeitsaufträgen, Selbstlerneinheiten, Stationen und Experimente etc. veranschaulichen. Die Schüler können somit durch diese Themen eigenständig lernen (F6MKK_MP1_RVr).

Es wird deutlich, dass das Thema erst fachlich eingeführt und dann vernetzt werden soll. Dabei zeigt dieser Chemielehramtsstudierende seinen didaktischen Blick, da verschiedene Lernformate genannt werden. Noch deutlicher wird die folgende Person:

Erst würde ich das Fachwissen vermitteln, im Anschluss über verschiedene Perspektiven sprechen und das Ziel verfolgen, dass die SuS sich ihre eigene Meinung bilden können, wodurch sie Entscheidungen treffen können sollen, die für sie selbst und die Umwelt am besten ist (C73TK_MP1_Po).

Diese Person betont die Notwendigkeit des fachlichen Wissens als Basis für alles Weitere. Denn erst aufgrund eines Fachwissens sollte eine Meinungsbildung erfolgen, die von der Lehrkraft im Hinblick auf kritisches Denken gefördert werden soll. Dabei soll ein Fokus auf das Finden von Entscheidungen als informierter Bürger gelegt werden.

Viele Studierende nannten Experimente teils mit konkreten Ideen, die in der Kategorie „kIH Experimente zur Mikroplastikthematik“ kodiert wurden. Als zweithäufigste Kategorie in der Teilstudie 3 werden nun charakteristische Aussagen der Studierenden angeführt, denn die zentrale Rolle von Experimenten im Chemieunterricht zur Wissensvermittlung wurde deutlich hervorgehoben. Dabei geht es den Chemielehramtsstudierenden um zentrale chemische Arbeitsweisen, wie Analyse und Synthese, was diese Aussage belegt: „Es bietet sich eine Vielzahl an Experimenten (Filter, MP selber herstellen, zersetzen etc.)“ (0R81SE6W_MP2_Po). Ebenso geht es um kreative Ansätze, wie „eine eigene Zahnpasta ohne Mikroplastik herstellen“ (S1RJ0551_MP2_RWa), was kreatives Denken und Problemlösefähigkeiten fördern soll und eine praktische Anwendung darstellt. Die folgende Aussage bricht eine Lanze für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, wodurch der Forschungsdrang und die Selbständigkeit gefördert werden kann:

Besonders wichtig ist mir im Zusammenhang mit der Wissensvermittlung jedoch eine Experimenten-basierte Herangehensweise an das Thema, sodass die Schüler*innen aus eigenem Forschungsdrang das Themengebiet für sich entdecken (U3KJTND7_MP2_RVr).

Tabelle 75: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Konkrete Ideen zur Vermittlung“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 1	Häufigkeit Teilstudie 3
GESAMT	53	42
kIA Vermittlungsweg von den chemischen Grundlagen zu den Folgen	14	10
kIB Erkundungen zu Mikroplastik in der Lebenswelt	2	2
kIC Offene Arbeitsformen zum eigenständigen Wissenserwerb	17	8
kID Zur Konsumreflexion App nutzen, die Inhaltsstoffe zeigt	4	1
kIE Science Slams zur Sensibilisierung zu Mikroplastik nutzen	3	0
kIF Konkrete Plastikregelungen thematisieren	1	2
kIG Bei Mikroplastikthematik diskursive Methoden nutzen	5	9
kIH Experimente zur Mikroplastikthematik	6	10

Die mit Abstand meisten Kodierungen wurden in der Teilstudie 3 in der Oberkategorie „*Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln*“ gefunden. Dabei erzielten drei der vier gebildeten Kategorien in Teilstudie 3 über 30 Kodierungen. Die häufigste Kategorie in Teilstudie 3 ist mit 36 Kodierungen „gHaD Potenzial zur Förderung von Mündigkeit und Partizipation“, in Teilstudie 1 konnte sie 15-mal kodiert werden und ist für diese Teilstudie die zweithäufigste Kategorie. Dies verdeutlicht den enormen Stellenwert der Förderung von Mündigkeit und Partizipation aus Sicht der Studierenden. Die zweithäufigste Kategorie in der Teilstudie 3 ist mit 34 Kodierungen „gHaA Handlungsmöglichkeiten bzgl. Mikroplastik thematisieren“. Die häufigste Kategorie der Teilstudie 1 mit 23 Kodierungen ist „gHaB Gesellschaftliches Problembewusstsein für Mikroplastik“. Die folgenden Aussagen illustrieren die Kategorie gHaB, dabei verdeutlichen sie den zentralen Fokus bei der Thematisierung von SSI auf die Förderung eines verantwortungsbewussten und gesellschaftlich aktiven Handelns. Dabei soll es nicht nur um die Anhäufung chemischen Wissens gehen, sondern um das Erkennen von Problemen und der Mitwirkung an deren Lösung. Die Aussagen betonen die Notwendigkeit, ein Bewusstsein für die Problematik zu schaffen, Verantwortung zu übernehmen und an gesellschaftlichen Diskursen teilzunehmen.

Die Kombination von Chemieunterricht mit gesellschaftlicher und politischer Bildung wird als essenziell erachtet, um eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu ermöglichen. Denn die Lernenden werden erzogen, sich ihre Meinung zu bilden und aktiv zur Verbesserung der Gesellschaft beizutragen. Die folgenden Aussagen sollen ein Spektrum an Möglichkeiten zur Förderung gesellschaftlichen Handelns verdeutlichen, dabei betonen die Chemielehramtsstudierenden die Wichtigkeit von Verantwortungsbewusstsein und Eigenverantwortung, sowie Sensibilisierung für gesellschaftliche Herausforderungen und die Vorbereitung auf die Teilnahme an öffentlichen Diskursen. Die folgende Aussage ermutigt die Lernenden, d. h. hier die Schüler*innen, zur Initiative und stellt eine direkte Verbindung zwischen Bildung und individuellem Handeln her: „Außerdem kann ich

die SuS so ein wenig in die Verantwortung nehmen, sich selber auch für eine bessere Handhabung von Kunststoffen einzusetzen“ (KSNN3_MP1_RWa). Dabei geht es um Verantwortung im Kontext einer Zukunft, die lebenswert ist, und in der verschiedene Herausforderungen bewältigt werden müssen – dies zeigt diese Aussage: „Es ist sehr wichtig, dass die SuS mit dem Thema verantwortungsbewusst umgehen, denn sie sind auch unsere Zukunft. Die Bildung spielt eine sehr große Rolle“ (AADM6_MP1_Wa). Hier werden das Verantwortungsbewusstsein und die Rolle der Bildung für die zukünftigen Generationen in Bezug auf SSI hervorgehoben, dabei soll es nicht um die Verteufelung der Zukunft gehen, sondern um eine positive Weltsicht. Dies zeigt auch die folgende Aussage etwas ausführlicher, denn hier geht es um den Bildungsbeitrag des Faches Chemie per Excellence:

Insgesamt würde ich darauf achten, in meinem Chemieunterricht nicht nur „reine Chemie“ zu unterrichten, sondern auch einen gesellschaftlichen Blick auf die Wissenschaft zu gewährleisten, damit aus meinen SuS Erwachsene werden, die den Willen haben, die Welt durch ihr Handeln zu verbessern (KVRVH_MP1_RAr).

Diese Aussage betont die Notwendigkeit Chemie und SSI im Kontext zu betrachten, sodass ein gesellschaftlicher Blick von der Chemie aus ermöglicht wird. Dabei sollen die Lernenden langfristig zur Mündigkeit erzogen werden und die Welt motiviert verbessern wollen.

Da in beiden Teilstudien zu Mikroplastik die Kategorie „gHaD Potenzial zur Förderung von Mündigkeit und Partizipation“ die häufigste bzw. zweithäufigste Kategorie ist, werden Aussagen der Studierenden aus dieser Kategorie der beiden Teilstudien im Folgenden zusammen dargestellt. Um Mündigkeit zu fördern können die Inhalte nicht frontal mit den Lernenden erarbeitet werden, es braucht eine andere Lernstruktur, die eine aktive Teilnahme am Lernprozess erfordert und fördert. Dies wird mit der folgenden Aussage illustriert:

diese [gemeint sind hier Fachinhalte, Anm. d. Verf.] aber auch von den SuS selber erarbeiten zu lassen. Damit möchte ich gewährleisten, dass ich meinen SuS die Möglichkeit gebe, selbstständig und kritisch reflektierend an aktuellen gesellschaftlichen Themen teilzuhaben (KSNN3_MP1_RWa).

Es wurde die Bedeutung von Selbstständigkeit und Aktivität für einen kritischen Lernprozess hervorgehoben, damit die Lernenden eigenständig eine Sichtweise erarbeiten können. Dies leitet direkt zu handlungsorientierten Methoden, wie Projektarbeiten oder Debatten, über, denn die folgende

Aussage geht vertiefend darauf ein, dass Diskussionen und Bewertungen auf Lernendenebene wichtig sind:

Es ist dabei meines Erachtens wichtig, dass die SchülerInnen ins Diskutieren und Bewerten kommen, da sie mit einem Thema konfrontiert werden über das auch in der Gesellschaft und Politik noch keine Einstimmigkeit herrscht (OGPS6W4J_MP2_Po).

Die Konfrontation mit kontroversen Themen, wie SSI, im Chemieunterricht fördert, wie die Aussage schildert, die Fähigkeit unterschiedliche Perspektiven zu berücksichtigen und abzuwägen. Dabei wird hervorgehoben, dass es sich um Themen handeln soll, über die noch keine Einstimmigkeit herrscht, sodass die Lernenden auch Argumente formulieren und bewerten können, was ihre Mündigkeit stärkt. Beiden Aussagen für diese Kategorie ist gemein, dass sie die aktive Teilnahme der Lernenden für ein kritisches Denken zu und eine Reflexion über SSI voraussetzen, was als Gegenstand von Chemieunterricht eine Vorbereitung auf die Zukunft in einer pluralistischen und dynamischen Gesellschaft darstellen kann. Dies wird auch in der Kategorie „gHaA Handlungsmöglichkeiten bzgl. Mikroplastik thematisieren“, die in Teilstudie 3 die zweithäufigste Kategorie ist, lebenspraktisch verortet. Die Chemielehramtsstudierenden sehen hier Ansatzpunkte beim Individuum selbst, etwa „zusammen zu erarbeiten, was jeder Einzelne tun kann, um z. B. Plastikmüll und somit die Entstehung von Mikroplastik zu reduzieren“ (ZWWMS23D_MP2_Pr) und dies „immer mit der Intention, dass Veränderung beim „kleinsten Glied“ (jedem Einzelnen von uns) beginnt“ (4QGPFPMX_MP2_RVa). Die Chemielehramtsstudierenden wollen ihre Lernenden lebenspraktisch und direkt ansprechen und Möglichkeiten zum Handeln aufzeigen, aber nicht aufoktroieren.

Tabelle 76: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 1	Häufigkeit Teilstudie 3
GESAMT	59	121
gHaA Handlungsmöglichkeiten bzgl. Mikroplastik thematisieren	10	34
gHaB Gesellschaftliches Problembewusstsein für Mikroplastik	23	33
gHaC Einfluss von Chemie auf das gesellschaftliche Leben	11	18
gHaD Potenzial zur Förderung von Mündigkeit und Partizipation	15	36

Mit 86 Kodierungen in Teilstudie 1 insgesamt und 83 Kodierungen in Teilstudie 3 sind die Gesamtkodierungen in beiden Teilstudien bezüglich der Oberkategorien „*Möglichkeiten zur Unterrichts-anbindung*“ ähnlich. In dieser Oberkategorie konnten 8 Kategorien zusammengefasst werden. Die Kategorie „UaA Thematische Begründung curricular möglich“ ist mit 23 Kodierungen die häufigste Kategorie in Teilstudie 3 und steht in Gegensatz zu den eingeschränkten Zustimmungen der

Studierenden, die Herausforderungen darin sehen, das entsprechende Thema in den Lehrplan einzubetten. Die folgende Aussage betont die Relevanz des Themas Mikroplastik als SSI deutlich: „Ich würde das Thema auf jeden Fall in meinem späteren Unterricht thematisieren, da es in gewisser Weise in jeder Stufe unterrichtet werden kann“ (ZWWMS23D_MP2_Po). Aufgrund der Mannigfaltigkeit der Aspekte des Themas, die die Chemielehramtsstudierenden kennengelernt haben, sind sie flexibel und können dieses Thema in verschiedener Komplexität unterrichten. Diese mit der vertiefenden Sachanalyse einhergehende Flexibilität zeigt sich an der folgenden Aussage, die einerseits zeigt, wie das Thema in den Unterricht unter curricularen Vorgaben eingebettet werden kann, aber auch Aspekte wie frühzeitige Thematisierung beschreibt. Gerade zur Förderung von Kompetenzen zur nachhaltigen Entwicklung müssen schon früh Grundsteine gelegt werden, was diese Aussage exemplarisch zeigt.

Einbinden würde ich das Thema möglichst früh im Unterricht. Zum Beispiel könnte man im Inhaltsfeld 4: Metalle und Metallgewinnung einen Exkurs zu verantwortungsvollem Umgang mit Rohstoff- und Energieressourcen und Recycling unter dem Gesichtspunkt einer nachhaltigen Entwicklung einbauen. Augenscheinlich passt es natürlich nicht direkt zu dem Inhaltsfeld, allerdings hätte man so zu dessen Abschluss ein lebensnahes Beispiel, an dem man die Vorgaben abarbeiten kann anstatt mit Acht-Klässlern über Metallrecycling zu sprechen (MH9X3TK6_MP2_RWa).

Tabelle 77: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Möglichkeiten zur Unterrichtsanknüpfung“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 1	Häufigkeit Teilstudie 3
GESAMT	86	83
UaA Thematische Begründung curricular möglich	6	23
UaB Intensivere Thematisierung von Mikroplastik als Projekt	18	5
UaC Thematisierung auch immer als Exkurs möglich	6	7
UaD Thematisierung bei Stofftrennung möglich	5	10
UaE Thematisierung als Teilelement bei Kunststoffen (OC)	14	15
UaF Thematisierung bei Kunststoffen (OC) in der Mittelstufe	9	4
UaG Thematisierung bei Kunststoffen (OC) in der Oberstufe	13	12
UaH Mikroplastik lässt sich auch fächerübergreifend behandeln	15	7

In der Oberkategorie „*Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte*“ wurden drei Kategorien, wie in Tabelle 78 abgebildet, zusammengeführt. „UNB Plastikkonsum und seine Auswirkungen thematisieren“ ist in Teilstudie 1 die häufigste und in Teilstudie 3 die zweithäufigste Kategorie. Genau umgekehrt sieht es für die Kategorie „UNA Umwelt (-folgen) bei Mikroplastikthematisierung wichtig“ aus. Gerade in umweltpolitischen Fragen kann es zu kontroversen Diskussionen um Freiwilligkeit und

Pflicht kommen. Dies haben die Chemielehramtsstudierenden auch erkannt, was die folgende Aussage zeigt: „Es geht mir nicht drum, dass die auf jedes Plastik verzichten. Trotzdem sollen sie überlegen, ob es sinnvoll ist die Paprika im Supermarkt in Plastik oder lose zu kaufen“ (KMQQ8_MP1_RVa). Es wird deutlich, dass die Lernenden in kleine Handlungen Konsequenzen erkennen sollen. Bei den folgenden Aussagen handelt es sich um jene der Teilstudie 3 zur Kategorie UNA, die die Umweltfolgen in den Fokus nimmt: „Die Thematisierung ist grundsätzlich wichtig. Nicht nur Mikroplastik, sondern Plastik generell und die Folgen für Natur und Klima“ (U6DPTSV5_MP2_Pr). Diese Aussage zeigt, dass ein Teil der Chemielehramtsstudierenden Mikroplastik als Spezialfall von Kunststoffen erkannt hat und hieran exemplarisch problematische Ausprägungen gezeigt werden kann.

Tabelle 78: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte“ für die Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik).

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 1	Häufigkeit Teilstudie 3
GESAMT	47	73
UNA Umwelt (-folgen) bei Mikroplastikthematisierung wichtig	14	37
UNB Plastikkonsum und seine Auswirkungen thematisieren	28	29
UNC Viele junge Menschen an Nachhaltigkeit interessiert	5	7

Auch für Teilstudie 4 zum Thema Nitrate wurden die Studierenden gefragt, was ihnen bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate besonders wichtig wäre, und was es aus ihrer Sicht zu beachten gilt. Auch aus diesen Aussagen konnten die induktiv gebildeten Kategorien angewendet werden. Die Kategorien zu Nitraten sind derart vergleichbar mit denen bzgl. Mikroplastik, sodass die Oberkategorien aus Teilstudie 1 und 3 nahezu übernommen bzw. bei Bedarf um das entsprechende Thema abgeändert wurden. Einzig der folgende Unterschied besteht, dass in Teilstudie 4 keine Medienkategorien gebildet wurden und entsprechend in dieser Teilstudie keine Oberkategorie „Beiträge zum Umgang mit Medien“, wie in Teilstudien 1 und 3, gebildet wurden.

13 Studierende benannten Lebensweltbezüge als eine *Lernmöglichkeit*, sodass die Kategorie „MöA Nitratthematik ermöglicht Lebensweltbezüge“ gebildet wurde. Diese passt in die Oberkategorie „Lernmöglichkeiten“. Auch in Teilstudie 4 zu Nitraten konnte eine Kategorie zu den Lebensweltbezügen gebildet werden (MöA Nitratthematik ermöglicht Lebensweltbezüge). Das folgende Zitat veranschaulicht dies: „Besonders Alltagstauglich (ich wohne auf dem Land, daher sind wahrscheinlich einige Bauern im Kurs). Daher diskutieren und erklären“ (YELH465H_Ni_Pr). Das Thema Nitrate wird als gegenwärtig für die Lebenswelt, zumindest im ländlichen Raum dargestellt. Tabelle

79 zeigt die gebildeten Kategorien in der Oberkategorie „Inhaltliche Aspekte Nitratre“ aus der Teilstudie 4. Von insgesamt 28 Kodierungen ist die Kategorie „IANA Verwendung und Folgen von Nitraten“ mit 21 Kodierungen die Häufigste. Die folgende Aussage illustriert eine charakteristische Ansicht der Studierenden zur Verwendung und Folgen von Nitraten. Dabei geht es fast allen Chemielehramtsstudierenden darum Chancen und Herausforderungen aufzuzeigen, wie diese Person äußert: „den Schüler*innen die Ambivalenz der Chemie aufzuzeigen und zu erklären, dass man nicht immer sagen kann, das etwas nur gut oder nur schlecht ist“ (JYZ9Q9CB_Ni_RWa). Dabei zeigen die Chemielehramtsstudierenden am SSI Nitratre die generelle Herausforderung von chemischen Errungenschaften: sie können das Leben vieler Menschen vereinfachen, aber auch erschweren. Im Kontext von Bewertungskompetenzen ermöglicht die Thematisierung hier den zukünftigen Chemielehramtsstudierenden eine vielfältige und lebensweltnahe Kompetenzerweiterung. Bemerkenswert ist, dass die Lernenden dabei einen fachlichen Fokus auf die Thematik legen wollen, der dann um gesellschaftliche Aspekte erweitert wird. Auch in dieser Teilstudie zeigen sich ähnliche Perspektiven wie in den Studien zu Mikroplastik.

Tabelle 79: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Inhaltliche Aspekte Nitratre“ für Teilstudie 4.

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 4
GESAMT	28
IANA Verwendung und Folgen von Nitraten	21
IANB Chemische Reaktionen von Nitraten	2
IANC Eigenschaften von Nitraten	5

Die gebildeten Kategorien der Oberkategorie „Schwierigkeiten“ sind in Tabelle 80 visualisiert. Die insgesamt 15 Kodierungen verteilen sich relativ gleichmäßig auf die vier Kategorien. Mit jeweils 5 Kodierungen sind die Kategorien „SwB Nitrathematik zeitlich schwer umsetzbar“ und „SwC Nitrathematik ist unbedeutend“ die Häufigsten. Für einen kleinen Teil der Chemielehramtsstudierenden ist die Nitrathematik als unbedeutend anzusehen. Diese Sichtweise wird nur von einem Teil der Chemielehramtsstudierenden vertreten und ist darauf zurückzuführen, dass diese Thematik im Vergleich zu Mikroplastik viel weniger persönliche Betroffenheit bei den Chemielehramtsstudierenden hat bzw. erzeugt. Eine klassische Schwierigkeit bei SSI, wie auch bei anderen „neuen“ Aspekten, ist der zeitliche Faktor, was die folgende Aussage zeigt:

Mir wäre bei einer Thematisierung besonders wichtig, darauf zu achten, dass man nicht zu viel Zeit für die Thematik der Nitratre einplant, da man sich an einen ziemlich straffe Zeitplan halten muss (JYZ9Q9CB_Ni_Po).

Diese Aussage wird sehr häufig genannt, ist jedoch aus curricularer Sicht zumindest diskutabel. In den Kernlehrplänen wird immer wieder darauf hingewiesen, dass sie so gestaltet sind, dass sie „Freiräume für Vertiefung, schuleigene Projekte und aktuelle Entwicklungen“ (MSB NRW, 2019, S. 10; wortgleich in MSB NRW, 2022, S. 23) lassen. Mit diesem Zitat soll verdeutlicht werden, dass die Lehrkräfte vor Ort in ihrer Fachkonferenz im schulinternen Curriculum Schwerpunkte festlegen können.

Tabelle 80: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Schwierigkeiten“ für Teilstudie 4.

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 4
GESAMT	15
SwA Nitrathematik ist für Lernende zu komplex	2
SwB Nitrathematik zeitlich schwer umsetzbar	5
SwC Nitrathematik ist unbedeutend	5
SwD Lehrplananbindung für Nitrathematik schwierig	3

Mit 81 Kodierungen insgesamt, konnten die meisten Aussagen der Studierenden in der Oberkategorie „*Konkrete Ideen zur Vermittlung*“ zusammengefasst werden. Die Kategorie „kIA Vermittlungsweg von den chemischen Grundlagen zu den Folgen“ wurde insgesamt 17mal kodiert und zeigt die Schrittigkeit des Lernens, wie es die Chemielehramtsstudierenden anstreben, auch hier deutlich: erst kommen die fachlichen Grundlagen, dann die Folgen und dann verschiedene Handlungsperspektiven.

Es könnte ein genereller Überblick und chemische Eigenschaften gegeben werden. Die Verwendung als Dünger und die Folgen daraus auf das Grundwasser und die Umwelt. Die Einschätzung von Grenzwerten sollte thematisiert werden und der Einfluss von Nitraten auf das Trinkwasser finde ich auch wichtig (YP7MC8RD_Ni_Po).

Die zweithäufigste Oberkategorie in Teilstudie 4 ist „*Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln*“ mit insgesamt 77 Kodierungen, abgebildet in Tabelle 82. Mit jeweils 26 Kodierungen konnten als die beiden häufigsten Kategorien „gHaB Gesellschaftliches Problembewusstsein für Nitrate“ und „gHaD Potenzial zur Förderung von Mündigkeit und Partizipation“ gebildet werden. Dicht gefolgt von der Kategorie „gHaA Handlungsmöglichkeiten bzgl. Nitraten thematisieren“ mit 17 Kodierungen.

Tabelle 81: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Konkrete Ideen zur Vermittlung“ für Teilstudie 4.

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 4
GESAMT	81
kIA Vermittlungsweg von den chemischen Grundlagen zu den Folgen	17
kIB Stickstoffkreislauf als exemplarischer Zugang	22
kIC Grenzwertdiskurs nutzen	3
kID Analytische Verfahren bei Nitraten	14
kIE Exkursion zu außerschulischen Lernorten	4
kIF Nitrate in Lebensmitteln, Trinkwasser und Gewässern	11
kIG Zur Thematisierung von Nitraten diskursive Methoden nutzen	8
kIH Historische Ansätze bzgl. Nitratthematik berücksichtigen	1
kII Bei Nitraten Lernende selbst recherchieren lassen	1

Wenn es um das gesellschaftliche Problembewusstsein in Bezug auf Nitrate geht, konnten die Chemielehramtsstudierenden die ökologischen und ökonomischen Herausforderungen benennen und stuften sie als wichtig für den Chemieunterricht ein. Die folgende Aussage macht dies deutlich und setzt sie mit der gegenwärtigen Debatte in Bezug:

Nitrate sind eine gesellschaftliche Herausforderung, da sie äußerst relevant sind, sowohl ökologisch als auch ökonomisch. Dies zeigt sich besonders an der Düngemittel-Debatte. Insbesondere diese sollte im Chemieunterricht thematisiert werden (XT1WFHQV_Ni_Po).

Hier wird die ökologische Relevanz für die Landwirtschaft einhergehend mit den Umweltproblemen bei übermäßiger Nutzung (bspw. Eutrophierung) benannt, woraus mit Lernenden auch die Auswirkungen menschlichen Handelns auf die Umwelt thematisiert werden können. Dabei geht dies einher mit Fragen nach ökonomischen Gesichtspunkten der Nitrate, wie bspw. Auswirkungen auf Nahrungsmittelproduktion und -preise, was die systemische Vernetzung von Regulationen von SSI zeigt. Durch die Einbindung der aktuellen Debatte sollen Theorie und Praxis verantwortungsvoll verknüpft werden. Diese Aussage ist charakteristisch für Aussagen dieser Kategorie. Für die Kategorie gHaD bezüglich des Potenzials von Nitraten und SSI zur Förderung von Mündigkeit und Partizipation äußerten die Chemielehramtsstudierenden vielfach, dass dieses

den Schülern die Möglichkeit [gibt, Anm. d. Verf.], bei bestimmten Themen und Diskussionen fundiert mitzureden und somit ihre eigene Meinung zu vertreten (6NW6DSVO_Ni_RVa).

Die Chemielehramtsstudierenden sehen demnach nicht nur das Problem von Nitraten, sondern sehen auch Potenziale als Bildungsgegenstand die Zusammenhänge von Naturwissenschaften und Gesellschaft zu vernetzen.

Tabelle 82: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln“ für Teilstudie 4.

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 4
GESAMT	77
gHaA Handlungsmöglichkeiten bzgl. Nitraten thematisieren	17
gHaB Gesellschaftliches Problembewusstsein für Nitrate	26
gHaC Einfluss von chemischen Stoffen auf das Leben	8
gHaD Potenzial zur Förderung von Mündigkeit und Partizipation	26

In der Oberkategorie „*Möglichkeiten zur Unterrichtsbindung*“ konnten insgesamt acht Kategorien zusammengefasst werden, die alle einstellige Kodierungen erzielten, zu sehen in Tabelle 83. Dies zeigt die Fülle an unterschiedlichsten Ideen seitens der Studierenden. Zwei Kategorien wurden jeweils neunmal kodiert: „UaC Thematisierung auch immer als Exkurs möglich“ und „UaF Thematisierung bei Salzen“. Während Aussagen zur Thematisierung als immer möglichen Exkurs (UaC) vorstellbar sind, soll kurz auf die Kategorie UaF zur Thematisierung bei Salzen eingegangen werden. Die Studierenden haben hier bei der Unterrichtsbindung mit den vielen Kodierungen in dieser Kategorie gezeigt, dass sie die Sachstruktur von Nitraten ergründet haben und sie fachlich sinnvoll in den Lehrplan eingliedern können. Damit zeigt sich, dass SSI keine Sonderthemen sind, sondern sich gut in die Vorgaben des Lehrplans einbetten lassen, wie der folgende Studierende sagt: „Nitrate allgemein ließen sich beim Themenfeld „Salze“ miteinbringen“ (BVP85G40_Ni_Po).

Tabelle 83: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Möglichkeiten zur Unterrichtsbindung“ für Teilstudie 4.

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 4
GESAMT	49
UaA Thematische Begründung curricular möglich	8
UaB Intensivere Thematisierung von Nitraten als Projekt	7
UaC Thematisierung auch immer als Exkurs möglich	9
UaD Thematisierung bei Stoffklassen in der Mittelstufe möglich	3
UaE Thematisierung bei Säuren und Basen	2
UaF Thematisierung bei Salzen	9
UaG Thematisierung bei chem. Gleichgewicht in der Oberstufe	3
UaH Mikropplastik lässt sich auch fächerübergreifend behandeln	8

Drei Kategorien wurden der Oberkategorie „*Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte*“ zugeordnet. Mit 20 Kodierungen ist „UNB Nitrate und seine Auswirkungen reflektieren“ ist, wie der Tabelle 84 entnommen werden kann, die häufigste Kategorie. Eine Antwort auf die Frage, warum die Auswirkungen reflektiert werden sollen, liefert die folgende Aussage derart, dass die Lernenden durch Sensibilisierung für die Probleme, die mit der Verwendung von Nitraten verbunden sind, ein tieferes Verständnis für die ökologischen und sozialen Herausforderungen entwickeln können.

dass den Schülern und Schülerinnen auch bewusst ist, welche Auswirkungen Chemikalien haben können. Dass den Schülern und Schülerinnen klar wird, dass es sich unter anderem auch um ihre Zukunft handelt (14K4FBKE_Ni_Pr).

Die Aussage hebt die Notwendigkeit hervor, dass Lernende sich der Auswirkungen von Chemikalien, insbesondere von Nitraten, bewusst sind. Nitrate sind in der Landwirtschaft weit verbreitet und haben sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Umwelt. Ein fundiertes Verständnis dieser Aspekte ist entscheidend, um Schülerinnen und Schüler für die ökologischen Konsequenzen ihrer Nutzung zu sensibilisieren. Indem die Lernenden verstehen, dass die Verwendung von Nitraten nicht nur gegenwärtige, sondern auch zukünftige Auswirkungen auf ihre Gesundheit und Umwelt hat, wird die Thematik persönlich relevant. Diese Verbindung fördert ein Verantwortungsbewusstsein und motiviert die Lernenden, aktiv an Lösungen für umweltbezogene Herausforderungen zu arbeiten.

Tabelle 84: Absolute Häufigkeiten der Kategorien zu „Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte“ für Teilstudie 4.

Kategorie	Häufigkeit Teilstudie 4
GESAMT	40
UNA Umwelt (-folgen) bei Nitratthematik wichtig	17
UNB Nitrate und seine Auswirkungen reflektieren	20
UNC Nitrate im Kontext von Nachhaltigkeit thematisieren	3

6.4 Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse zur zweiten Forschungsfrage

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse aus den vorangegangenen Kapiteln zu Forschungsfrage 2 diskutiert. Dies geschieht unter Rückblick der Ergebnisse zur Analyse der Lernarrangements (vgl. Kap. 6.2) anhand der Einschätzungsdimensionen Ziele, Analyse des fachlichen Hintergrundes, fachdidaktisch-methodische Entscheidungen, Quellenarten im Vermittlungsprozess und handlungsorientierte Arbeitsaufträge sowie auf Grundlage der Vermittlungsperspektiven zu SSI (vgl. Kap. 6.3) auf einer allgemeinen sowie einer sach- und fachbezogenen Ebene. Um diese Forschungsfrage 2 beantworten zu können, wurde sie in verschiedene Untersuchungsfragen, die spezifische Bereiche fokussieren, differenziert. Die Diskussion der Ergebnisse wird daher analog zum gesamten Kapitel anhand der Untersuchungsfragen zur ersten Forschungsfrage (vgl. Kap. 3.3) strukturiert. Dabei werden die Ergebnisse der einzelnen Erhebungsinstrumente auch forschungsmethodisch diskutiert. Die Diskussion der Lernarrangements bezieht sich auf Forschungslücke 3,

die den Instrumentcharakter der Lernarrangements benennt, auf Forschungslücke 4, die den Befähigungscharakter von Lernarrangements benennt, und auf Forschungslücke 5, die das Analyse-schema für SSI bezogene Lernarrangements fokussiert. Im Zuge dieser Diskussion wird ein Augenmerk besonders auf Annahme 4 gelegt, nach der eine SSI bezogene partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung spezifische Anforderungen, die durch das Seminar fokussiert worden sind.

Die Ergebnisse und die Diskussion der Lernarrangements stehen für einen spezifischen SSI bezogenen Zugriff auf Planungen von Lernprozessen – es geht nicht um ein allgemeingültiges Schema für Chemieunterricht verschiedenster Schwerpunkte. Es geht vielmehr um einen spezifischen Blick auf Chemieunterricht, der durch die Bildungsstandards (KMK, 2005; KMK, 2019; KMK, 2024) und die Kernlehrpläne (bspw. MSB NRW, 2019; MSB NRW, 2022) vorgeschrieben ist, und der durch die aufgestellte Forschungsfrage 2 im Hinblick auf die Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden zur begründeten Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand des Themas Mikroplastik (bzw. Nitrate) (U2.1) empirisch fokussiert wird. Hier wird auch auf die Unterschiede zwischen den verschiedenen Themen, aber auch auf Zeitumfänge und Verortungen der Seminare eingegangen. Da zur Kompetenz im weinertschen Sinne (Weinert, 2001) auch motivationale und volitionale Aspekte gehören, werden über die Lernarrangements hinaus auch die individuellen und subjektiven Perspektiven der Lernenden diskutiert. Damit die Fachdidaktik Chemie in der ersten, aber auch zweiten Ausbildungsphase passende Angebote für Lehramtsstudierende bereitstellen kann, können die Ergebnisse zu Untersuchungsfrage U2.4 berücksichtigt werden, denn hier geht es um thematische Schwerpunkte bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik (bzw. Nitrate). Generell ist auf die qualitative Natur der Datenerhebung und Datenauswertung hinzuweisen: aufgrund der kleinen Stichprobengrößen sind keine Verallgemeinerungen im Sinne der quantitativen Sozialforschung möglich, es können exemplarische und erkundende Aussagen getroffen werden, die auf mögliche Abhängigkeiten und Strukturen hindeuten und mit den Methoden der quantitativen Sozialforschung weiter untersucht werden können.

Die *Lernarrangements*, die von den Chemielehramtsstudierenden erstellt worden sind, nehmen eine Doppelfunktion ein: zum einen dienen sie als Erhebungsinstrument der Kompetenzen von Chemielehramtsstudierenden zur Vermittlung einer SSI bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung, zum anderen sind sie durch die aktive und selbstständige Bearbeitung durch die Chemielehramtsstudierenden ein Instrument zur Befähigung im Hinblick auf unterrichtliche Planungspro-

zesse. Darüber hinaus wurden die Lernarrangements in den Seminaren mit den anderen Chemielehramtsstudierenden nach Abgabe geteilt, wodurch die Lernarrangements in Summe einen Materialkorpus für die Chemielehramtsstudierenden darstellen. Dieser Materialkorpus hat für die Zukunft einen Multiplikatoreffekt, denn das Material kann weitergeben und erweitert werden, wodurch zum einen weitere Lehrende von Chemie, aber auch Lernende von Chemie profitieren können. Dabei sollen die erstellten Lernarrangements nicht die Position von Unterrichtsentwürfen der zweiten Phase einnehmen, die in einem ganz anderen Setting und mit anderen Konsequenzen erstellt werden. Die Lernarrangements sind dabei ein didaktisches Werkzeug zur Vorbereitung der Chemielehramtsstudierenden auf die spätere Unterrichtspraxis (vgl. Kap. 2.3.4).

Das skalierte Analyseschema mit seinen Einschätzungsdimensionen für die Lernarrangements ist spezifisch für SSI bezogene partizipationsorientierte Lernprozesse im Chemieunterricht zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung. Es kann nicht ohne Anpassungen allgemeingültig eingesetzt werden, es ist vor dem Hintergrund des Forschungsinteresses theoriebasiert erstellt worden. Gleichwohl sind manche Aspekte, wie Ziele oder fachdidaktisch-methodische Entscheidungen, auf den ersten Blick Allgemeinschauplätze, die jedoch bei ansteigender Skalierung spezifischer werden. In der (fach-)didaktischen Literatur unterscheiden sich die Anforderungen an Elemente der Planung von Vermittlungsprozessen, wie bspw. Ziele, und ebenso ist im Land NRW für die Studienreferendare durch das Landesamt für Qualitätssicherung und Informationstechnologie der Lehrerbildung (LAQUILA NRW, 2025) eine Vorgabe für die Strukturierung von Examensentwürfen vorgegeben worden, die jedoch eigene Schwerpunktsetzungen und Akzentuierungen durch die Referendare zulässt. Aus diesen Gründen wurde unter Rückbezug auf das Forschungsinteresse das Analyseschema aus forschungsmethodischer Sicht entsprechend gestaltet und ermöglicht durch seine Offenheit eine Analyse verschiedener SSI.

In Bezug auf die Einschätzungsdimension „Ziele“ (vgl. Kap. 6.2.1) hat ein Großteil der Chemielehramtsstudierenden Niveau 3 erreicht. Diskutabel ist dabei, dass die Zahl der Chemielehramtsstudierenden dabei von Teilstudie 1 zu Teilstudie 4 deutlich angestiegen ist. Während in Teilstudie 1 zu Mikroplastik nur 57 % Niveau 3 erreicht haben, haben in Teilstudie 3 schon 96 % der Chemielehramtsstudierenden dieses Niveau erreicht und in Teilstudie 4, die zum Thema Nitrate war, haben dies sogar 100 % erreicht. Waren die Chemielehramtsstudierenden aus Teilstudie 1 einfach schlechter? Teilstudie 1 zum Thema Mikroplastik war das erste Seminar, welches für diese Forschung durchgeführt worden ist, und wurde im Anschluss fokussiert, sodass den Chemielehramtsstudierenden in der Seminarzeit mehr Austausch zu fachdidaktischen Grundlagen, wie bspw. zu

Zielformulierungen oder zu fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen, am Beispiel ihrer Lernarrangements eingeräumt worden ist (vgl. Kap. 4.2.2 & 4.2.3). Inhaltlich fanden von Teilstudie 1 im Vergleich zu den anderen Teilstudien inhaltlich nur kleine Veränderungen statt, es wurde den Chemielehramtsstudierenden mehr Zeit zum konkreten kollegialen Austausch gegeben. Dies ist auch in vielen Schulen Realität, denn hier findet in den Fachkonferenzen ein Austausch über Vermittlungsprozesse statt. Dies hat in den Teilstudien 3 und 4 Früchte getragen, denn die Anzahlen an Chemielehramtsstudierenden, die Niveau 3 erreicht haben, konnte deutlich gesteigert werden. Es machten sich keine Unterschiede in Bezug auf das Thema bemerkbar, obwohl sich die beiden SSI (Mikroplastik vs. Nitrate) erheblich unterscheiden. In Teilstudie 3 und 4 haben die Chemielehramtsstudierenden insgesamt in den beiden Phasen zu den Vermittlungsaspekten mehr Zeit zum Diskurs bekommen, wodurch manifestiert wird, dass durch kollegialen Austausch bessere Ergebnisse erzeugt werden können.

Als wichtige Einsicht aus den Ergebnissen muss auf das Ergebnis eingegangen werden, dass alle Chemielehramtsstudierenden aus Teilstudie 3 und 4 sowie alle bis auf eine Person aus Teilstudie 1 Niveau 1 in dieser Kategorie erzielt haben. Die Chemielehramtsstudierenden waren demnach in der Lage, ein Ziel zu formulieren, dass eine gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponente erhalten hat (bspw. Meyer, 1976; Peterßen, 2006; Velica, 2010; Reiners, 2022). Das heißt, dass die Lernenden durch eine bestimmte Aktivität ein konkretes und formuliertes Ziel erreicht haben. Damit haben die Chemielehramtsstudierenden in dieser Studie ein hohes Niveau erreicht und können Kapitel 2.3.2 folgend auf einem soliden Fundament ihre Lernprozesse aufbauen. Mit Mager (1977) gesprochen kommen Lehrende ohne Ziel dort an, wo sie nicht hinwollten. Zielvorstellungen zu formulieren war für die Chemielehramtsstudierenden schwer und in anderen Studien (bspw. Seiler, 2021; Großmann & Krüger, 2022; Großmann et al., 2022) zeigte sich, dass es ein komplexes Unterfangen ist – oft werden die Zielformulierungen unpräzise formuliert. Erfreulich ist, dass die Zielperspektive in der gegenwärtigen Auflage der Konkreten Fachdidaktik Chemie (Sommer, Wambach-Laicher & Pfeifer, 2018) vor allem durch den Beitrag von Kakoschke (2018) und im Lehrbuch Chemie vermitteln (Reiners, 2022) stärker in den Fokus gerät. Ebenso konnte der Anspruch, Lernen auf Kompetenzen zu beziehen durch die Änderungen in den Seminarphasen zur Vermittlungskompetenz von 85% in Teilstudie 1 auf 100 % in Teilstudie 3 und 4 erfolgreich ausgebaut werden. Damit hat sich in Bezug auf die Einschätzungsdimension Ziele gezeigt, dass die Chemielehramtsstudierenden mit steigendem Studienfortschritt nicht die deutlich besseren Ergebnisse erzielen. Denn der Unterschied zwischen Teilstudie 3 und 4 liegt hier bei 5%. Dennoch sei gesagt, dass die Fachlichkeit bei Lernprozessen in Chemie immer gegeben sein muss, was diese Aussage einschränkt und die ersten Semester sicherlich erstmal das Fach durchdringen müssen,

um dann fundiert fachdidaktisch tätig zu werden. Es zeigen sich nach der Anpassung der Vermittlungsphasen des Seminars zwischen Teilstudie 3 und 4 kleine Unterschiede, doch können diese auf die thematischen Unterschiede zurückgeführt werden: Mikroplastik ist ein Thema, das gegenwärtig im Diskurs ist und für das es kaum Regelungen gibt, die nachgewiesen wirksam sind, während Nitrate politisch seit Jahrzehnten reglementiert sind und dort die Frage nach der einer Verschärfung diskutiert wird.

Die Einschätzungsdimension zur „*Analyse des fachlichen Hintergrundes*“ (vgl. Kap. 6.2.2) bezieht sich auf das fachliche Fundament hinter den Lernarrangements. In keinem der Seminare hat ein Chemielehramtsstudierender das Niveau 0 als Endniveau kodiert bekommen. Niveau 0 darf nur kodiert werden, wenn fachliche Fehler vorliegen. Aufgrund der Seminarphase Wissensaneignung wurden die Chemielehramtsstudierenden in allen Seminaren im Hinblick auf ihre Fachkompetenz gefördert. In Bezug auf den Fortschritt im Studium lassen sich die Teilstudien 1 und 3 direkt vergleichen: in Teilstudie 3 ist der Anteil an Niveau 3 als Endniveau ca. 4 % höher als in Teilstudie 1. Der Unterschied ist damit gering. In Teilstudie 4 zum Thema Nitrate wurde im Vergleich zu Teilstudie 3 mit ca. 1,6% eine leicht höhere Anzahl an Niveau 3 als Endniveau erzielt. Trotz dessen, dass es sich um im Hinblick auf den Studienfortschritt „jüngere“ Chemielehramtsstudierenden handelt. Dies lässt sich aus Sicht des Verfassers mit den Unterschieden der beiden Themen im Hinblick auf Unsicherheiten und Vorläufigkeiten erklären. In Bezug auf Mikroplastik bestehen deutlich höhere Unsicherheiten, besonders aufgrund des breiten Mikroplastikbegriffs im Vergleich zu den Nitraten.

Die Einschätzungsdimension zu den „*fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen*“ (vgl. Kap. 6.2.3) skalierte die Güte an fachdidaktischen Begründungen und deren Beitrag zur Verwirklichung einer SSI bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung. Dabei ist auffällig, dass jeweils ca. 75% der Chemielehramtsstudierenden das Niveau 3 erreicht haben. Die Chemielehramtsstudierenden aus Teilstudie 3 haben mit 87 % die höchste Anzahl an Endniveau in Niveau 3. Hier zeigt sich ein starker Unterschied im Vergleich zur Einschätzungsdimension „Ziele“. Dies begründet sich aus Sicht des Autors damit, dass es sich hierbei um Chemielehramtsstudierende aus dem Masterstudium handelt. Das Fachdidaktikseminar von Teilstudie 3 war im ersten Mastersemester verortet – hier finden intensive fachdidaktische Vorbereitungen auf das Praxissemester statt und die Bildungswissenschaften liefern eine enorme Anzahl an Veranstaltungen mit schulpraktischen Bezügen. Im Vergleich der Teilstudien sind die Chemielehramtsstudierenden der Teilstudie 3 am weitesten fortgeschritten in ihrem Studium. Dies mag diese erhöhte Anzahl erklären. Erschwerend kommt in Bezug auf diese Diskussion hinzu, dass Niveau 2 in dieser Teilstudie nicht kodiert worden ist, sondern nur Niveau 1 neben Niveau 3. Die Chemielehramtsstudierenden von Teilstudie 1 waren

weiter im Studium fortgeschritten als diese von Teilstudie 4, doch ist dies anders gelagert: das Seminar zu Teilstudie 4 war deutlich grundlegender angelegt, bot deutlich mehr Raum für die Diskussion der Transformationselemente fachdidaktisch-methodischer Entscheidungen und wurde in der überarbeiteten Form durchgeführt.

Die Einschätzungsdimension „*Quellenarten im Vermittlungsprozess*“ (vgl. Kap. 6.2.4) bezieht sich auf die von den Chemielehramtsstudierenden gemachten Quellenangaben in den Materialien für die Lernenden. In Bezug auf die Vorgaben in den Kernlehrplänen in den Curricula für das Gymnasium wird der Stellenwert des wissenschaftspropädeutischen Arbeitens stark hervorgehoben (MSB NRW, 2019, S. 3; MSB NRW, 2022, S. 8). Da die meisten der Probanden das Lehramt für Gymnasium und Gesamtschule studiert haben, ist in dieser Kategorie die Verwendung von wissenschaftlichen Quellen mit dem Niveau 3 versehen worden. Es ist auffällig, dass mit höherem Studienfortschritt im Vergleich der Teilstudien der Anteil derjenigen geringer wird, die Niveau 0 als Endniveau erreicht haben – also keine Quellenangaben in den Materialien für die Lernenden gemacht haben. Darüber hinaus ist in Teilstudie 3 der Anteil an Endniveaus des Niveaus 3 am höchsten. Bei Teilstudie 3 handelte es sich um ein genuines Masterseminar. In den beiden Teilstudien im Bachelorstudiengang zu den SSI Mikroplastik und Nitrate waren die Werte deutlich niedriger in Bezug auf Niveau 3. Es lassen sich somit in Bezug auf die Themen der Teilstudien aus dem Bachelorstudiengang keine signifikanten Unterschiede feststellen. Auch hat das in Teilstudie 1 zeitlich größer bemessene Seminar keinen Einfluss auf die Endniveauverteilung gehabt.

Die Einschätzungsdimension „*Handlungsorientierte Arbeitsaufträge*“ (vgl. Kap. 6.2.5) analysierte die Arbeitsaufträge an die Lernenden, in denen diese ihr erworbenes Wissen in Bezug zum SSI konkret handelnd in Aktivitäten anzuwenden hatten. Der Fortschritt im Studium hat hier enorme Unterschiede gezeigt, sodass fast 75% der Probanden in Teilstudie 3 Niveau 3 als Endniveau erreicht haben und der Anteil von über 90 % der Chemielehramtsstudierenden, die in dieser Teilstudie Niveau 3 oder 2 als Endniveau erreicht haben, ist signifikant. Darüber hinaus konnte Niveau 1 als Endniveau nicht kodiert werden und nur 8,7% der Chemielehramtsstudierenden hat Niveau 0 erreicht. Letzteres lässt sich dadurch erklären, dass die Lernarrangements zusammen eine Art der „Lernreihe“ im Sinne einer Unterrichtsreihe ergeben, und dann kann es vorkommen, dass in dem ersten Teil der „Lernreihe“ die fachlichen Grundlagen gelegt werden können, damit in einem folgenden Teil die Lernenden miteinander im Diskurs über SSI-Aspekte diskutieren können. In der ersten Teilstudie haben etwas mehr als 60% der Chemielehramtsstudierenden Niveau 3 oder 2 als Endniveau und in der vierten Teilstudie haben dies etwas mehr als 70% der Chemielehramtsstudierenden erreicht. Es wird deutlich, dass der Studienfortschritt einen erheblichen Einfluss auf die

Verteilung der Endniveaus hat. Der größere Zeitrahmen in Teilstudie 1 hat keinen großen Einfluss auf verbesserte Ergebnisse gehabt. Doch ist es hierbei wichtig anzumerken, dass das Seminar im Hinblick auf die Phasen „Vermittlung anbahnen“ (vgl. Kap. 4.2.2) und „Vermittlung reflektieren“ (vgl. Kap. 4.2.3) deutlich angepasst worden ist, besonders im Hinblick auf die Thematisierung von fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen und zum Austausch über die gestalteten Lernarrangements. Dies kann aus Sicht des Autors erhebliche Einflüsse auf die Ergebnisse dieser Einschätzungsdimension haben, denn durch den Diskurs können Arbeitsaufträge aus einem anderen Blickwinkel betrachtet und im Sinne der Diskursivität erweitert werden. Im Vergleich der Themen Mikroplastik (Teilstudie 1 und 3) zu Nitraten (Teilstudie 4) lassen sich keine großen Unterschiede feststellen, sodass sich vor dem Hintergrund der Datenlage beide Themen für handlungsorientierte Arbeitsaufträge eignen.

In Bezug auf den *Vergleich der Probandenkompetenzen* der Teilstudie 1 und 2 in den Postfragebögen und in den Lernarrangements (vgl. Kap. 6.2.6) lassen sich folgende Rückschlüsse ziehen: Grundsätzlich zeigen die Lernarrangements, dass entsprechendes Wissen notwendig ist, um entsprechende Lernarrangements zu planen. Verbesserungen der Ränge können daher kommen, dass die Studierenden sich für die Ausarbeitung ihres Lernarrangements noch einmal intensiv im Anschluss an den Postfragebogen mit den Themen und ihren Implikationen auseinandergesetzt haben. Die Verschlechterungen lassen darauf schließen, dass zwar einerseits die fachlichen Aspekte von den Studierenden verstanden wurden, die darüber hinaus gehenden Aspekte, wie das Planen von Lernarrangements, die über das bloße Fachliche hinaus gehen hin zu einer Förderung von gesellschaftlich verantwortungsbewusstem Handeln jedoch nicht. Dies zeigt einmal mehr, dass die Vermittlung von SSI im Kontext der Lehrer*innenbildung relevant, notwendig und von den Chemielehramtsstudierenden gewollt ist. Auch wird hier die Bedeutung der Bewertungskompetenz im Fach Chemie sowohl für Lernende als auch für Lehrende deutlich. Insgesamt lässt sich sagen, dass sich durch die Einteilung der Kodierergebnisse in Ränge diese von einer qualitativen Perspektive aus in Beziehung setzen lassen. Dabei sind die Daten zwar unterschiedlich skaliert, doch wird sich durch das in Beziehung Setzen der Daten (vgl. Kap. 6.2.6) ein interpretativer und kontextbezogener Mehrwert erhofft. Denn es fällt dabei auf, dass die Studierenden meistens in ihrer Ranggruppe verblieben sind. In einigen Fällen gaben Aussagen aus den Interviews sowie strukturelle Begebenheiten Aufschluss über mögliche Abweichungen. Direkte Abhängigkeiten lassen sich anders als bei quantitativen Studien hier nicht ableiten, da es sich im qualitativ ausgewerteten Daten handelt. Es liegen allerdings Indizien vor, die darauf hindeuten, dass ein großer Teil der Studierenden ihre

Performanz, welche sich in Bezug auf die Partizipation an SSI zeigte, auch vergleichbar in Bezug zur Vermittlung dieser SSI zeigen konnte.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse zur Untersuchung der konzipierten Lernarrangements (vgl. Kap. 6.2) und der vorangegangenen Diskussion kann in Bezug auf die Untersuchungsfrage U2.1 konstatiert werden, dass die Chemielehramtsstudierenden adäquate Lernarrangements zum Thema Mikroplastik (bzw. Nitrate) in Bezug auf die mit SSI einhergehenden Implikationen zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung planen und begründen konnten. Es gibt in allen Teilstudien Lernarrangements die hohe Niveaus als Endniveau erreicht haben, sodass der Großteil die maximalen Anforderungen erreicht hat. Damit wurde ein Seminarkonzept zur Verzahnung von relevanten fachlichen Aspekten von SSI mit partizipationsorientierten fachdidaktischen Aspekten zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung empirisch erprobt (Forschungslücke 1).

Der *Einfluss des Themas* ist in Bezug auf die Konzeption von Lernarrangements von nachrangiger Bedeutung, ebenso haben sich keine signifikanten Unterschiede durch *verschieden lang dauernde Seminare* ergeben. Einen Unterschied hat jedoch die *Verortung im Studium* gemacht, sodass in Teilstudie 3, deren Seminar im Masterstudium verortet war, vielfach (d. h. in den Einschätzungsdimensionen „fachdidaktisch-methodische Entscheidungen“, „Quellenarten im Vermittlungsprozess“ und „Handlungsorientierte Arbeitsaufträge“) höhere Endniveaus bei den Chemielehramtsstudierenden erreicht werden konnten. In den Einschätzungsdimensionen „Ziele“ und „Analyse des fachlichen Hintergrundes“ haben die Studierenden aus Teilstudie 4 leicht höhere Anzahlen an Endniveaukodierungen (Ziele: ca. 5%; Analyse des fachlichen Hintergrundes: ca. 1,6%) erhalten. Diese Unterschiede sind gering und lassen sich mit der geringen Anzahl an Probanden erklären, denn in den anderen Einschätzungsdimensionen waren die Abstände zwischen den Teilstudien bei über 10%.

Die konzipierten Lernarrangements wurden mit Hilfe der skalierenden Analyse (vgl. Kap. 4.4.3) analytisch und empirisch greifbar gemacht und damit als Forschungsinstrument ermöglicht (Forschungslücke 3 und 5). Ebenso gelang es, dass die Chemielehramtsstudierenden durch die produktive Auseinandersetzung mit den Lernarrangements mit weiteren, neuen Kompetenzen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI befähigt worden sind (Forschungslücke 4). Vor dem Hintergrund von Annahme 4 wurde deutlich, dass eine SSI bezogene partizipationsorientierte naturwissenschaftliche Grundbildung spezifische Anforderungen an die Lehrenden stellt, die durch handlungsorientierte Arbeitsaufträge (vgl. Kap. 6.2.5) produktiv und konstruktiv angegangen werden können. Die Ergebnisse zu den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen

zeigen eine Vielzahl an Möglichkeiten diskursive Partizipationsprozesse im Chemieunterricht anzuregen. Die Chemielehramtsstudierenden haben damit in der ersten Phase der Lehrer*innenbildung wichtige Einsichten für die spätere Unterrichtspraxis in einem geschützten Raum von einer Theorieperspektive aus gewinnen können.

Zur Kompetenz im weinertschen Sinne (Weinert, 2001) gehören auch motivationale und volitionale Aspekte, daher werden über die Lernarrangements hinaus auch die individuellen und subjektiven Perspektiven der Chemielehramtsstudierenden diskutiert. Die Einstellungen der Lehrkräfte zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI sind von wesentlicher Bedeutung (Sadler et al., 2004; Saunders & Rennie, 2013; Zeidler, 2014, S. 700). Unter Federführung von Sadler (Sadler et al., 2006) wurden die Perspektiven von Lehrern in Naturwissenschaften in den USA zur Vermittlung von naturwissenschaftlichem Unterricht unter Berücksichtigung von SSI untersucht (vgl. Kap. 2.2.4). Die dort gebildeten Profile von Lehrkräften sollten eine Grundlage bei der Untersuchung der grundsätzlichen Einstellungen bieten, um die Untersuchungsfrage U2.2 zu beantworten. Im Anschluss an die Erhebungen von Teilstudie 1 zeigte sich ein gänzlich anderes Bild als bei Sadler (Sadler et al., 2006). Es finden sich in den vorgestellten Ergebnissen als allgemeine Perspektiven in der Mehrzahl Zustimmungen, ein paar einschränkende Worte und bei über 350 kodierte(n) Dokumenten nur eine ablehnende Haltung. Die ablehnende Haltung wurde in der Teilstudie 4 zum SSI Nitrate im Prä-Fragebogen geäußert. Im Verlauf des Seminars änderte sich die Perspektive von 3WTAJ4FN hin zur Zustimmung. Nach den Profilen von Sadler (Sadler et al., 2006) finden sich in den vorliegenden Daten nur Profil A und B, also zustimmende Haltungen und Haltungen die grundsätzlich zustimmend sind, jedoch Herausforderungen im Hinblick auf Curricula sehen. Aus Sicht des Autors lassen sich die erhobenen Ergebnisse im Kontrast mit den Ergebnissen von Sadler (Sadler et al., 2006) sehen. Die vorliegenden Daten sind ca. 15 Jahre später in einem anderen Staat mit einem anders differenzierten System erhoben worden. Die Perspektiven auf die Wichtigkeit von SSI unterscheiden sich zwischen den USA und der BRD: In den USA ist die Verwendung von SSI schon ein kontroverses Thema, während SSI-Themen in der BRD in den Bildungsstandards und den nordrhein-westfälischen Lehrplänen schon längere Zeit vorgeschrieben sind. In der BRD und in Nordrhein-Westfalen sind Themen, die als SSI aufgefasst werden können, in den Kernlehrplänen (MSB NRW, 2019; MSB NRW, 2022) vorgegeben, sodass allein aus curricularer Sicht eine Vermittlung notwendig wird, auf die die Seminare der Teilstudien vorbereiten. Es kommt hinzu, dass zu Beginn der 2020er Jahre gerade in Großstädten soziale Bewegungen, wie Fridays for Future, extrem im Diskurs waren, was die Haltungen der Chemielehramtsstudierenden darüber hinaus beeinflusst haben könnte.

Im Zuge dieser Diskussion gilt es auch zu erwähnen, dass sich viele Chemielehramtsstudierenden im Verlauf der Seminare der Teilstudien mit ihren Perspektiven auf die Wichtigkeit von SSI zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung verändert haben und die Einschränkungen von den Chemielehramtsstudierenden nicht mehr als solche gesehen wurden. Damit kann zusammengefasst werden, dass die Chemielehramtsstudierenden, die an den Teilstudien teilgenommen haben, in der Mehrheit der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI zustimmen. Es ließen sich keine markanten Unterschiede zwischen Themen und Dauer des Seminars finden. Anzumerken ist nur der deutlich geringere Anteil an Zustimmungen mit Einschränkung in Teilstudie 3 von ca. 6,3 % zur thematischen deckungsgleichen Teilstudie 1 mit 37% und 10% in Teilstudie 4. Der vergleichsweise hohe Anteil an Zustimmungen mit Einschränkung in Teilstudie 1 rührt mit ca. 23% (anteilig von den 37%) daher, dass diese Chemielehramtsstudierenden der Auffassung waren, dass sie durch eine fächerübergreifende Vermittlung der SSI eine umfassendere Bildung ermöglichen könnten. Diese Sichtweise wiederholte sich in den Folgestudien nicht in dieser Weise.

Im Folgenden werden die Zustimmungen mit Einschränkungen in den allgemeinen Perspektiven auf die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI diskutiert (U2.3). In beiden Teilstudien zum SSI Mikroplastik (Teilstudie 1 und 3) war die häufigste Kategorie (Teilstudie 1 mit 64% und Teilstudie 3 mit 78%) innerhalb der Oberkategorie Zustimmung mit Einschränkung die, dass eine fächerübergreifende Vermittlung geeigneter sei. Dies spiegelt zum einen den interdisziplinären Charakter der SSI wider, zum anderen erläutern viele der Chemielehramtsstudierenden, dass durch eine interdisziplinäre Vermittlung mehr Facetten des jeweiligen SSI thematisiert werden können. Demnach können diese Aussagen vom Grundsatz her zur Zustimmung gezählt werden, da vielfach durch die Interdisziplinäre Vermittlung Mehrwerte gesehen werden. In beiden Teilstudien zu Mikroplastik existiert die Kategorie, dass Kunststoffe besser erforscht seien als Mikroplastik. Ein Teil der Chemielehramtsstudierenden sieht aufgrund von Unklarheiten von wissenschaftlicher Seite aus Herausforderungen für eine Vermittlung im Chemieunterricht, weshalb sie Mikroplastik als Spezialfall auffassen. Diese Sicht mag nachvollziehbar sein, doch negiert sie, dass SSI meist mit einer wissenschaftlichen Unsicherheit belegt sind.

In Teilstudie 1 und Teilstudie 4 wird angeführt, dass die Zeit ein einschränkender Faktor zur Vermittlung von SSI sei. Wie in Kapitel 6.3.2 erläutert, legen die Fachkonferenzen an den Schulen Schwerpunkte ihrer Arbeit im Einklang mit dem Kernlehrplan in ihrem schulinternen Lehrplan fest. Daher kann dieses Argument der Chemielehramtsstudierenden, wenn sie SSI wirklich thema-

tisieren wollen, an der Realität im Schuldienst nicht standhalten. Diese Möglichkeit für die Fachkonferenzen wird durch die kompetenzorientierten Kernlehrpläne ermöglicht, die inhaltliche und kompetenzorientierte Kerne vorgeben, jedoch den Fachkonferenzen Freiheiten zur Gestaltung lassen. In Teilstudie 4 wird im Vergleich zu den anderen Teilstudien zu Mikroplastik noch eine schwierige Einbettung des SSI in den Lehrplan und potenzielles Desinteresse der Lernenden genannt. Die Einbettung des SSI Nitrate ist, wie in Kapitel 6.2.1 erläutert, vielfach in dieser Teilstudie gelungen, weshalb es diese Aussagen aus fachlicher Sicht zu relativieren gilt. Das potenzielle Desinteresse der Lernenden am SSI Nitrate mag daher rühren, dass dieser SSI gegenwärtig in Nordrhein-Westfalen und der BRD nicht, wie Mikroplastik oder Klimawandel, prägend und aktuell stark im Diskurs ist. Gleichwohl gibt es beim Thema Mikroplastik im Vergleich zu Nitraten eine höhere individuelle Betroffenheit und Möglichkeiten zur persönlichen Einflussnahme, bspw. durch Änderungen im Konsum von Artikeln mit Mikroplastik.

Bemerkenswert ist mit Blick auf die Untersuchungsfrage U2.4, die besonders wichtige und beachtenswerte Aspekte zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI in den Blick nimmt, die Tatsache, dass sich in allen Teilstudien deckungsgleiche Hauptkategorien finden ließen. Nur in Teilstudie 4 zu Nitraten konnten keine Kategorien zu „Beiträgen zum Umgang mit Medien“ gebildet werden. Dies kann damit begründet werden, dass Mikroplastik in den Medien zur Zeit der Datenerhebung sehr präsent war, wohingegen im Kölner Raum und in der Bundesrepublik insgesamt die Nitratproblematik fast nicht in den Medien diskutiert wurde. Ebenso sehen viele der Chemielehramtsstudierenden in Mikroplastik eine höhere Anzahl verschiedener Lernmöglichkeiten, was sich daraus ergibt, dass der weite Mikroplastikbegriff verschiedene Zugänge ermöglicht, während Nitrate sich auf eine konkrete Stoffgruppe beziehen. Sowohl in den Teilstudien zu Mikroplastik als auch in der Teilstudie zu Nitraten wurden als inhaltliche Aspekte die Eigenschaften und die Folgen benannt. Es ließen sich in allen Teilstudien die inhaltlich deckungsgleichen Kategorien zu den Hauptkategorien „Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln“ und „Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte“ bilden. An diesen Hauptkategorien zeigt sich, dass es bei SSI charakteristische Merkmale gibt, die nicht themenabhängig sind, und als besonders wichtig erachtet werden.

In Bezug darauf, was es aus Sicht der Chemielehramtsstudierenden zu beachten gilt, ist auf die Schwierigkeiten einzugehen, die in allen Teilstudien gesehen werden. Dabei wird die Komplexität von SSI und die zeitliche Umsetzbarkeit regelmäßig benannt. Diese Schwierigkeiten, die von den Chemielehramtsstudierenden genannt werden, sind jedoch aus einer Professionalisierungsperspektive eine große Chance: die Chemielehramtsstudierenden haben sich im Studium exemplarisch mit

dem SSI Mikroplastik auseinandergesetzt, weshalb sie um die Komplexität dieses SSI wissen. Diese Schwierigkeiten, die sie durch das Seminar am eigenen Leib erfahren haben, sensibilisiert die Studierenden viel stärker einen Unterricht zu gestalten, der den Kernbereichen Lehren und Lernen des Referenzrahmens Schulqualität NRW (MSB NRW, 2020) entspricht. Unter Rückgriff auf SSI gelingt es den Chemielehramtsstudierenden einen fachlich ansprechenden Unterricht zu gestalten, der auf einen Diskurs ausgelegt ist (*Kognitive Aktivierung*), dabei kompetenzorientiert und schülerorientiert bei der Gestaltung der Lernumgebung vorgehen, bspw. durch Differenzierungsmaterialien (*Kompetenzorientierung und Unterstützendes Unterrichtsklima*) und, da sie um die Komplexität des Themas wissen, organisiert agieren, um Störungen zu vermeiden (*Klassenführung*). Darüber hinaus wird bei den Mikroplastikstudien auf die Vorläufigkeiten und Unsicherheiten hinsichtlich der Forschungserkenntnisse als Herausforderungen für die Vermittlungsprozesse eingegangen. Dies ist jedoch mit Blick auf Charakteristika von SSI (vgl. Kap. 2.1.4) gerade das Besondere an SSI. Denn gerade durch diese Aspekte sowie durch die Aktualität und Kontroversität von Mikroplastik ergeben sich besonders starke Lernchancen im Chemieunterricht. Dabei können Wesensmerkmale von SSI erarbeitet werden und diese können mit NoS-Aspekten (vgl. Kap. 2.1.7) kontextualisiert werden. Damit sind die Kodierungen in dieser Kategorie geradezu ein Plädoyer für die stärkere Thematisierung von SSI und deren Wichtigkeit für eine naturwissenschaftliche Grundbildung. In Bezug auf die Nitratproblematik äußerten wenige der Chemielehramtsstudierenden, dass die Nitratthematik unbedeutend sei. Wie aktuelle fachdidaktische Beiträge (bspw. Lüsse, Brockhage, Pietzner & Beeken, 2021) zeigen, handelt es sich bei Nitraten um aktuell bedeutende und kontroverse gesellschaftliche Probleme, bei denen sich verschiedene Positionen gegenüberstehen. Ebenso sind die Aussagen aus Teilstudie 4 hinsichtlich einer schwierigen Verortung im Lehrplan zu relativieren, denn allen Chemielehramtsstudierenden gelang es, ihre Ziele mit Blick auf Curricula in den konzipierten Lernarrangements zu begründen (vgl. Kap. 6.2.1).

Daher können die genannten Schwierigkeiten als herausfordernde Chancen wahrgenommen werden, auf deren Bewältigung die Chemielehramtsstudierenden durch die konzipierten Seminare vorbereitet worden sind. Gleichwohl helfen diese genannten Schwierigkeiten als inhaltliche Leuchttürme, denn auf diese Aspekte kann in nachfolgenden Lehrveranstaltungen offensiv eingegangen werden, um den Chemielehramtsstudierenden einen möglichst unproblematischen Kompetenzerwerb zu ermöglichen. Aus einer Vermittlungsperspektive kann in dieser Diskussion die große Anzahl an konkreten Ideen zur Vermittlung und die vielen genannten Möglichkeiten zur Unterrichts-anbindung lobend hervorgehoben werden. Die Chemielehramtsstudierenden haben damit in verschiedenen Datenerhebungssituationen mannigfaltige Ideen vorgestellt, was davon zeugt, dass sie im Hinblick auf motivationale und volitionale Aspekte Möglichkeiten zur Umsetzung einer SSI

bezogenen partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung sehen und in ihrem zukünftigen Unterricht umsetzen wollen.

Aus forschungsmethodischer Sicht wurden zur Förderung von Kompetenzen zur Vermittlung einer SSI bezogenen partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung (F2) verschiedenste Forschungsmethoden eingesetzt. Die Lernarrangements haben durch ihre Doppelfunktion (Befähigungs- und Datenerhebungsinstrument) dabei neue Blicke auf Wirklichkeit ermöglicht und qualitativer Forschung neue Blickwinkel eröffnet. Die Bildung des theoriegeleiteten Kategoriensystems zur Analyse der Lernarrangements mit verschiedenen Niveaustufen ist selbst ein Mehrwert dieser Arbeit, denn es kann als Konstrukt zur Analyse von SSI bezogenen Vermittlungsprozessen eingesetzt werden. Dabei muss nicht das Kategoriensystem mit allen Einschätzungsdimensionen eingesetzt werden, sondern es können auch nur einzelne Elemente verwendet werden. Damit ergibt sich dann vielleicht kein vollends ausdifferenziertes Bild, doch kann eine grobe Einschätzung stattfinden, wie SSI-bezogen eine Ausgestaltung vielleicht anzusehen ist. Dabei stellt dieses Kategoriensystem eine SSI bezogene Sichtweise dar, die andere Schwerpunkte setzt, als eine allgemeindidaktische Perspektive dies machen würde. Es liegt im Sinne des Forschungsinteresses und der Forschungsfragen ein Schwerpunkt auf SSI aus fachdidaktischer Sicht. Aufgrund der vergleichsweise geringen Zahlen an Probanden handelt es sich bei den gemachten Aussagen um Aussagen qualitativer Natur, die nicht direkt auf alle Chemielehramtsstudierenden für alle Themen verallgemeinerbar sind. Es sollen Zusammenhänge qualitativ in einer explorativen Art und Weise dargestellt werden, dabei werden durch diese Arbeit Grundlagen für die weitere Erforschung zu Kompetenzen zur Vermittlung einer SSI bezogenen partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung gelegt. Darüber hinaus stehen die vorgestellten und diskutierten Ergebnisse immer im Zusammenhang mit den Interventionsseminaren der Teilstudien, sodass andere Ergebnisse von Chemielehramtsstudierenden zu einem anderen Zeitpunkt und ohne eines der Lehrangebote hier, nicht unmittelbar austauschbar sind.

7 Fazit

In diesem Kapitel werden sowohl die Leitfrage als auch die Forschungsfragen mit Blick auf die Untersuchungsfragen, die Annahmen und die aufgezeigten Forschungslücken (vgl. Kap. 3.3) unter Rückbezug auf die vorgestellten und diskutierten Ergebnisse (vgl. Kap 5 & 6) beantwortet. Zuerst wird die Forschungsfrage zur Befähigung der Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um Mikroplastik (bzw. Schadstoffen in der Luft) als SSI, unter Berücksichtigung von Grenzwerten, fokussiert (vgl. Kap. 5), um vor diesem Hintergrund die Förderungen von Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden zur begründeten Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik (bzw. Nitrate) für diese Arbeit abschließend zu betrachten (vgl. Kap. 6). Anschließend erfolgt ein Ausblick in Bezug auf Konsequenzen und Desiderata auf Grundlage des Forschungsprojekts.

Zur Beantwortung von *Forschungsfrage 1*, inwiefern sich Chemielehramtsstudierende zur Partizipation an Diskursen um Mikroplastik (bzw. Schadstoffe in der Luft) als SSI, unter Berücksichtigung von Grenzwerten, befähigen lassen, galt es zu untersuchen, über welches Wissen die Chemielehramtsstudierenden vor und nach der Intervention verfügten. Die Intervention fand im Rahmen eines Fachdidaktikseminars statt, hier wurden die SSI aus chemischer Sicht, naturwissenschaftlicher Sicht und gesellschaftlicher Sicht mit Blick auf (mögliche) Grenzwerte betrachtet. Die Teilstudien 1 und 3 hatten den SSI Mikroplastik zum Gegenstand und Teilstudie 2 die Schadstoffe in der Luft, d. h. die Emissionen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs. Die Datenerhebungen zu den Wissensveränderungen fanden trianguliert mittels Prä-Post-Fragebögen, Interviews und Aufgaben zur Reflexion der eigenen Einsichten statt. Diese Daten wurden mit Hilfe eines deduktiv entwickelten Kategoriensystems im Sinne der inhaltlichen Strukturierung der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet und auch interkodiert. Um Wissensveränderungen zu erforschen, wurden drei Wissensarten differenziert: das chemische Wissen, das Wissen um Grenzwerte und deren Setzung und das Wissen zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an Diskursen von Mikroplastik (bzw. Schadstoffen in der Luft). Mit Blick auf die Veränderungen des chemischen Wissens zwischen den Fragebogentestungen lässt sich konstatieren, dass sich in allen Studien mit Blick auf die Veränderungen der Kodierungen alle Chemielehramtsstudierenden verbessern konnten. Dabei haben sich die Chemielehramtsstudierenden aus Teilstudie 1 am stärksten verbessert. Mit Blick auf das sog. Grenzwertwissen konnten sich alle Chemielehramtsstudierenden deutlich prozentual verbessern, jedoch erzielten sie im Bereich der Grenzwertcharakteristika durchweg höhere Kodierungsanzahlen. Die niedrigeren relativen Veränderungen von Prä- nach Post-Fragebogen im Vergleich zu den höheren absoluten

Zahlen zeigen mit Blick auf Teilstudie 1 und 3 zum SSI Mikroplastik, dass das Vorwissen deutlich größer war. Im Bereich der Schadstoffe in der Luft war das Vorwissen am höchsten, was sich aus der starken gesellschaftlichen Relevanz des Themas und der medialen Präsenz ergibt (vgl. vor allem Kap. 2.1.8 & 2.1.9). In Bezug auf das Wissen zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zeigte sich das Seminarkonzept auch durchweg als wirkungsvoll, denn alle Chemielehramtsstudierenden konnten sich verbessern. Auffällig ist hier, dass die stark naturwissenschaftlich geprägte Kategorie zur Reflexion der Erkenntnismethoden im Vergleich zu den anderen Kategorien, im Einzelnen Experten-Laien-Verhältnissen und Partizipationsmöglichkeiten, in den Fragebögen deutlich stärker repräsentiert war. Den Chemielehramtsstudierenden fällt es auch nach dem Seminar noch schwer, naturwissenschaftliche Erkenntnisse und ihre gesellschaftliche Einbettung diskursiv zu reflektieren, wobei die Reflexion naturwissenschaftlicher Methoden leichter und häufiger gelingt (vgl. Kap. 2.1.7). Generell gelang es den Chemielehramtsstudierenden in den Interviews eine höhere Anzahl an Kodierungen zum Grenzwertwissen und zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu erzielen. Dies lässt sich mit dem stark reflexiven Anteil dieser Wissensarten begründen, die aufgrund ihrer zum Teil geisteswissenschaftlichen Prägung stärker im Diskurs erörtert werden können. Im Vergleich der verschiedenen SSI, hier Mikroplastik und Schadstoffe in der Luft, haben sich keine signifikanten Unterschiede mit Blick auf die Kodierungen in den Wissensarten ergeben. Ebenso hat der Studienfortschritt hier keine großartigen Veränderungen bewirkt. Es ist jedoch hier auffällig, dass die Teilstudie 1 (Mikroplastik) mit mehr Seminarzeit durchweg höhere Kodierungsanzahlen erzielen konnte. Demnach kann abschließend der Faktor Seminarzeit nicht als prägend für bessere Kodierungen gewertet werden.

Da die Chemielehramtsstudierenden im Anschreiben des Fragebogens und auch vorab vom Forschenden aufgefordert wurden, bei der Beantwortung auch Quellen hinzuzuziehen und diese auch kenntlich zu machen, können auch Aussagen darüber gemacht werden, welche Quellen die Chemielehramtsstudierenden zur Beantwortung der Fragen des Fragebogens heranziehen. Gegenwärtig ist es für die Menschen immer einfacher durch mobile internetfähige Geräte ortsunabhängig Informationen zu recherchieren und aufgrund der veränderten Kommunikationsstrukturen im Internet im Vergleich zu traditionellen Medien, wie Lehrbüchern oder Fachzeitschriften, ist die Wahrscheinlichkeit auf nicht verlässliche Informationen zu stoßen erhöht worden (vgl. Höttecke & Allchin, 2020; Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Soentgen & Bilandzic, 2014). Da dieses Seminar besonders in der Phase der Wissensaneignung zur reflektierten Nutzung von Informationsquellen und zur bewussten Analyse der Verlässlichkeit beitragen will, werden die Chemielehramtsstudierenden danach gefragt, welche Informationsquellen zur Beantwortung der Fragen genutzt worden sind und wie sie die Verlässlichkeit im Sinne von Glaubwürdigkeit dieser Quellen einschätzen.

Diesbezüglich kann ein positiver Einfluss des Seminars konstatiert werden, denn die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung wissenschaftlicher Quellen im Verlauf des Seminars zunimmt, während die Verwendung bspw. von Massenmedien abnimmt (vgl. Kap. 5.6). Damit wird deutlich, dass sich die Chemielehramtsstudierenden durch das Seminar stärker in der Lage sehen, hochwertige Informationsquellen zu nutzen. Gerade mit Blick auf Aspekte der Wissenspropädeutik hat das Fach Chemie besonders in der Sekundarstufe II die Aufgabe, zur allgemeinen Studierfähigkeit beizutragen (MSB NRW, 2022, S. 8), was durch die Nutzung und bewusste Reflexion hochwertiger Quellen auch im Material den Lernenden gegenüber exemplarisch vorgelebt werden kann.

Durch die Gestaltung und empirische Erforschung des Lehrangebots (vgl. Kap. 4.2) wurde den Chemielehramtsstudierenden ein innovatives Angebot gemacht, um sich Wissen zu SSI unter dem Blickwinkel des Risikos am Beispiel von Grenzwerten und Grenzwertsetzungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anzueignen. Damit wurde ein Beitrag zum Füllen der Forschungslücke 2 gemacht, wonach ein inhaltlich innovatives Lernangebot zu den verschiedenen Implikationen ausgewählter SSI und zum gesellschaftlichen Umgang mit Risiken gegenwärtig fehlt. Durch diese sowohl konzeptionelle als auch empirische Untersuchung können Beiträge derart geleistet werden, dass das sog. demokratische Argument (Driver et al., 1996) in der Chemielehrer*innenbildung, und später im Chemieunterricht, adressiert wird und dabei auf das von Christensen (2009) genannte Desiderat, der Abwägung und Reflexion von Risiken, eingegangen wird. Dabei konnten die Chemielehramtsstudierenden exemplarisch und in einem geschützten Raum Risiken abwägen und Grenzwerte als Instrument zum Umgang mit Risiken kennenlernen und reflektieren.

Im Kontext der Seminarphase Wissensaneignung gelang es, die Chemielehramtsstudierenden mit auf ausgewählte SSI anwendbarem Wissen auszustatten (vgl. Kap. 5.2). Durch dieses Wissen werden die Chemielehramtsstudierenden in die Lage versetzt, für Lernende fundierte SSI-Lernsituationen zu schaffen (vgl. Annahme 1, Kap. 3.3). Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage 1, d. h. zur Befähigung zur Partizipation an SSI, wurden neben Prä-Post-Fragebögen Reflexionsaufgaben und problemzentrierte Interviews zur Datenerhebung eingesetzt. Es zeigte sich, dass durch die Prä-Post-Fragebögen differenzierte Vergleiche der Kompetenzen vor und nach dem Seminar gemacht werden konnten. Die Reflexionsaufgaben haben sich im Hinblick auf erkenntnisreiche Mehrwerte als wenig ergiebig herausgestellt, da die Lernenden nicht vertieft auf ihre Veränderungen in den Wissensarten eingegangen sind. Die problemzentrierten Interviews waren, besonders aufgrund ihrer Problemzentrierung (Witzel, 1982; Witzel, 1985), vor allem für die Wissensarten zum Grenzwertwissen und zur Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ertragreich und die Chemielehramtsstudierenden erzielten hohe Kodierungsanzahlen (vgl. Kap. 5.6). Insgesamt lässt

sich daher mit Blick auf diese Forschungsfrage von einer gelungenen Befähigung hinsichtlich der Partizipation an Diskursen um Mikroplastik (bzw. Schadstoffe in der Luft) als SSI, unter Berücksichtigung von Grenzwerten, sprechen.

Die Ergebnisse zur *zweiten Forschungsfrage*, inwiefern sich über SSI bei Chemielehramtsstudierenden Kompetenzen zur begründeten Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand des Themas *Mikroplastik (bzw. Nitrate)* fördern lassen, zeigen, dass dies in besonderem Maße gelungen ist. Die Untersuchungen fanden im Kontext von Fachdidaktikseminaren statt, dabei hatten die Teilstudien 1 und 3 den SSI Mikroplastik zum Gegenstand und Teilstudie 4 Nitrate. Zentrale Instrumente zur Datenerhebung waren hier die von den Chemielehramtsstudierenden erstellten Lernarrangements. Perspektiven auf die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit SSI wurden über Prä-Post-Fragebögen, Interviews und Reflexionsaufgaben erhoben. Zur Auswertung der Lernarrangements wurde ein interkodierte Analyseschema entwickelt, welches die Qualität der Lernarrangements anhand von verschiedenen Einschätzungsdimensionen niveaubasiert skaliert (vgl. Kap. 4.4.3). Die sog. Vermittlungsperspektiven wurden mit Hilfe der induktiven Kategorienbildung ausgewertet (vgl. Kap. 4.4.4). Es ist dabei vorauszuschicken, dass die beiden SSI sich besonders im Charakter der Betroffenheit unterscheiden: Mikroplastik kann von den Chemielehramtsstudierenden im alltäglichen Leben durch eigene Entscheidungen in weiten Teilen vermieden werden, wohingegen die individuelle Betroffenheit und Einflussnahme bei Nitratemissionen in der Regel eingeschränkt ist. Die Untersuchungen der Lernarrangements (vgl. Kap. 6.2) haben in verschiedenen Teilstudien gezeigt, dass die Chemielehramtsstudierenden in der Lage waren, begründete Lernarrangements zu konstruieren. Die Lernarrangements wurden sowohl zum Thema Mikroplastik als auch zum Thema Nitrate erzeugt. Es zeigte sich im Hinblick auf die Einschätzungsdimensionen immer eine Niveaunahme an erreichten Endniveaus von Teilstudie 1 zu Teilstudie 3 und 4 hin. Hieran zeigt sich der Erfolg des entwickelten Seminarkonzepts, welches fachliche mit fachdidaktischen Aspekten verknüpft. Damit wird in Bezug auf die vorhandene Forschung eine Lücke gefüllt, denn es existiert für die Chemielehrer*innenbildung gegenwärtig kein Seminarkonzept, dass SSI mit dem Schwerpunkt auf Partizipation zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung fokussiert.

In der Summe liegen die Veränderungen der Kodierungsanzahlen zwischen Teilstudie 3 und 4 in einem geringen Bereich, während der Unterschied jeweils zu Teilstudie 1 sehr deutlich (positiv) erkennbar ist. Mit Hilfe der Lernarrangements wurden die Lernenden exemplarisch zur didaktischen Transformation befähigt, indem sie diese konstruieren und reflektieren mussten. Damit

konnte ein neues Instrument erprobt und evaluiert werden, wodurch einerseits ein Beitrag zur Befähigung von Chemielehramtsstudierenden geleistet worden ist, andererseits für zukünftige Forschung ein neues Instrument zur Befähigung von Chemielehramtsstudierenden empirisch begründet worden ist. Dabei wurden die Chemielehramtsstudierenden sowohl mit den fachdidaktischen Grundlagen zur Planung eines Lernarrangements im Sinne einer didaktischen Transformation vertraut gemacht, aber auch mit spezifischen Elementen einer partizipationsorientierten SSI bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung. Dies zeigt sich dadurch, dass die Endniveaus 3 in den Einschätzungsdimensionen in der Regel einen begründeten Einbezug im Sinne der SSI erfordern und von der Mehrheit jeweils geleistet worden sind, darüber hinaus zeigt sich dies in der Umsetzung der sog. handlungsorientierten Arbeitsaufträge (vgl. Kap. 6.2.5), die von den Planer*innen der Lernarrangements eine partizipationsorientierte Arbeitsplanung einfordern.

Der Begriff der Lernarrangements (vgl. Kap. 2.3.4) fokussiert die Lernenden und ihre Lernprozesse und ermöglicht den Chemielehramtsstudierenden, dass sie in ihrer Planung darauf einen Fokus legen. Sie müssen bei der Konstruktion von Lernarrangements keine abgeschlossenen Unterrichtsreihen für den Einsatz in der Schule konstruieren, sie erhalten in einem geschützten Raum die Möglichkeit, einzelne Sequenzen mit SSI bezogenen Schwerpunkten zu planen. Mittels der konstruierten Lernarrangements zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage werden die Lernarrangements als Datenerhebungsinstrumente erstmalig nutzbar gemacht. Dies ermöglicht den Einsatz dieses Instruments für zukünftige Forschung, wodurch über die Heranziehung dieser den Unterrichtsplanungen ähnlichen Dokumente eine Analyse der Vermittlungskompetenzen mit dem Schwerpunkt auf der Planung von Lernprozessen erfolgen kann. Ein wesentlicher Ertrag dieser Arbeit ist daneben die skalierende Strukturierung zur Analyse der Lernarrangements (vgl. Kap. 4.4.3), welche einen SSI bezogenen analytischen Blick auf diese Konstrukte in einer skalierten Art und Weise empirisch ermöglicht. Das erstellte Analyseset wurde durch aufwendige Interkodierprozesse verfeinert, weshalb durch dieses ein Beitrag zur defizitären empirischen Untersuchung von Planungen von Lernprozessen durch Chemielehramtsstudierende unter besonderer Beachtung von SSI geleistet wurde. Dies hat für die zukünftige Forschung den Mehrwert, dass ein Analyseschema mit verschiedenen Niveaustufen besteht und darauf aufgebaut werden kann. Es zeigt sich mit Blick auf die Analyseergebnisse, dass das formativ evaluierte Seminarkonzept themenunabhängig eingesetzt werden kann, dass der Studienfortschritt keine nennenswerten Unterschiede in den Endniveaukodierungen induziert und dass ein zeitlich verlängertes Seminar (Teilstudie 1) keine starken positiven Effekte hat.

Die Chemielehramtsstudierenden waren grundsätzlich alle positiv gegenüber der Thematisierung von SSI eingestellt und die benannten Schwierigkeiten stellen bei reflektierter Betrachtung herausfordernde Chancen für Chemieunterricht dar. Der Faktor Zeit wird als Einschränkung von Chemielehramtsstudierenden genannt. Da die Lehrkräfte selbst Arrangeure der didaktischen Transformationsprozesse sind, können sie selbst entscheiden, wie viel Zeit sie investieren. Darüber hinaus können durch eine Zusammenarbeit in den Fachkonferenzen einer Schule Mehrwerte und Effizienzvorteile erzielt werden. Einwürfe dahingehend, dass Kunststoffe besser als Mikroplastik erforscht seien, beleuchten den erhöhten Charakter an Komplexität, der jedoch SSI immer inhärent ist. Mit Blick auf die in den theoretischen Grundlagen erörterten Mehrwerte der Thematisierung von SSI gilt es, diese im Sinne einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung in Kauf zu nehmen. Bemerkenswert ist, dass die Chemielehramtsstudierenden im Zuge der wichtigen und beachtenswerten Aspekte in allen Teilstudien fast deckungsgleiche Aspekte priorisierten (vgl. Kap. 6.3.2). Nur in Teilstudie 4 zu Nitraten wurden keine Beiträge zur Medienkompetenz gesehen. Daraus wird der enorme Beitrag von SSI generell sichtbar. Anhand der Analyse der Vermittlungsperspektiven wird deutlich, dass auch hier keine Abhängigkeiten von Thema, Studienfortschritt und Zeitumfang des Seminars bestehen.

Mit Blick auf die Leitfrage, wie Chemielehramtsstudierende durch ein spezielles Lehrangebot gefördert werden können, eine naturwissenschaftliche Grundbildung anhand von SSI zu vermitteln, liefern die theoretischen Grundlagen (vgl. Kap. 2) und die forschungsfragengeleiteten empirischen Untersuchungen (vgl. Kap. 3-6) einen Mehrwert. Das konstruierte und empirisch im Sinne einer formativen Evaluation erweiterte Lehrangebot konnte die Chemielehramtsstudierenden sowohl fachlich durch Fachwissenszuwächse als auch fachdidaktisch durch Vermittlungskompetenzzuwächse befähigen. Damit wird die Forschungslücke gefüllt, wonach gegenwärtig kein empirisch fundiertes Seminarconcept zur Vermittlung von SSI unter besonderer Berücksichtigung von Partizipationsaspekten für Chemielehramtsstudierende besteht. Zur Strukturierung des Seminars sind verschiedene Seminarphasen (vgl. Kap. 4.2) konstruiert worden: Zuerst fand in der Seminarphase „Wissensaneignung“ eine fachliche Förderung statt, an die sich eine Förderung von Vermittlungskompetenzen durch die Seminarphase „Vermittlung anbahnen“ und „Vermittlung reflektieren“ anschloss. Dabei wurden Grenzwerte als politische Instrumente, die naturwissenschaftliche Grundlagen haben, exemplarisch thematisiert und lieferten die Möglichkeit von Risikoreflexionen und der Thematisierung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen. Es zeigte sich, dass keine Abhängigkeit von Themen, Studienfortschritt oder Seminarlänge in signifikanter Weise bestehen. Ergo können Themen, die nach der Definition von SSI in Kap. 2.1.4 als solche aufzufassen

sind und zu denen es Grenzwerte gibt, geben soll bzw. geben könnte, mit diesem erprobten Seminarkonzept in der universitären Chemielehrer*innenbildung thematisiert werden, um bei den Chemielehramtsstudierenden erhebliche Kompetenzzuwächse zu induzieren. Mit Blick auf Forschungsfrage 2 lässt sich sagen, dass die Förderung von Kompetenzen bei den Chemielehramtsstudierenden zur Vermittlung einer partizipationsorientierten naturwissenschaftlichen Grundbildung, besonders über die Gestaltung von Lernarrangements, als gelungen bezeichnet werden kann.

Zukünftig ist weitere Forschung in diesem Bereich notwendig, denn die vergleichsweise geringen Stichprobengrößen, die die Grundlage für die gemachten Aussagen bilden, müssen weiter vergrößert werden. Ein weiteres Argument für weitere Forschung ist, dass der Schwerpunkt bei dieser Forschung zu SSI auf Partizipationsprozessen lag und die Perspektive eine chemiedidaktische gewesen ist. Das erstellte Seminarkonzept stellt eine Möglichkeit dar, SSI in der Chemielehrer*innenbildung fachlich und fachdidaktisch zu thematisieren. Erweitert werden könnte dieses Seminar über die Einbindung der anderen naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken, um die naturwissenschaftliche Perspektive fachlich und fachdidaktisch noch stärker fokussieren zu können. Ebenso wäre eine Verzahnung mit den Sozialwissenschaften möglich und bereichernd, denn diese Geisteswissenschaft kann wertvolle Beiträge, bspw. hinsichtlich Partizipationsprozessen, liefern.

Die grundlegende Strukturierung durch die Verzahnung fachlicher Aspekte (Wissensaneignung) mit fachdidaktischer Kompetenz (Vermittlung anbahnen und Vermittlung reflektieren) ist weiter erforschbar und operationalisierbar. Um die Ursache-Wirkungs-Beziehungen in den einzelnen Instrumenten noch besser untersuchen zu können, bietet sich ein quantitativer Blick an. Der Blick dieser Arbeit ist vor dem Hintergrund der Forschungsfragen klar qualitativ geprägt (vgl. Kap. 4) und hat dabei auch zwangsläufig subjektive Anteile, die es in dieser Form in quantitativer Forschung nicht gibt. Darauf aufbauende quantitative Forschung könnte hier vertiefend tätig werden. Aufbauend auf die planerische Perspektive dieser Arbeit könnten Chemielehramtsstudierende Lernarrangements in einem Folgeseminar, in einem Schülerlabor oder in einer Schule selbst mit realen Lernenden erproben. Diese Erprobung würde für die Chemielehramtsstudierenden einen anders gelagerten Praxisblick ermöglichen, der mit ganzen anderen Forschungsinteressen und -methoden Mehrwerte für die Erforschung von SSI im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung schaffen würde. Um letztlich immer mehr Menschen zu erreichen, die selbstbestimmt und kritisch auf der Grundlage ihres naturwissenschaftlichen Wissens an gesellschaftlichen Herausforderungen (SSI) partizipieren können, hat dieses Seminarkonzept auch das Potential, als Verbundprojekt der Naturwissenschaftsdidaktiken eingesetzt zu werden. Darüber hinaus können in zukünftigen Semi-

naren anhand dieser Strukturierung (fachliches und fachdidaktisches Wissen in einem Seminar verzahnt) auch weitere Aspekte von SSI, bspw. im Hinblick auf Nachhaltigkeits- und NoS-Aspekte, thematisiert werden, da dieses Forschungsprojekt einen Fokus auf Partizipationsaspekte gelegt hat. Die Ergebnisse zeigen eindrucksvoll, dass die Chemielehramtsstudierenden ein massives Interesse an SSI haben. Mit Blick auf das Modell der didaktischen Transformation (vgl. Reiners, 2022) kann konstatiert werden, dass alle Konstituenten dieses Modells die Thematisierung von SSI befürworten. Die Curricula geben es vor, die Themen erlauben es, die Lernenden und Lehrenden verlangen es. Die Voraussetzungen zur Thematisierung von SSI in der Chemielehrer*innenbildung sind damit gegeben und sollten im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung für eine lebenswerte Gegenwart und Zukunft dauerhaft im Fokus stehen.

8 Zusammenfassung

Gemäß der OECD-Definition (OECD, 1999) der naturwissenschaftlichen Grundbildung sollten Lernende naturwissenschaftliches Wissen zur fundierten Partizipation an gesellschaftlich relevanten Diskursen nutzen, um Veränderungen in der natürlichen Welt zu verstehen und an entsprechenden Entscheidungsprozessen erfolgreich mitzuwirken. Im Kern zielt eine naturwissenschaftliche Grundbildung auf eine Orientierung in der Lebenswelt ab, doch diese ist etwa in Bezug auf gesellschaftliche Herausforderungen, wie Mikroplastik, Nitrate oder Schadstoffe in der Luft, durch verschiedene und kontroverse Perspektiven geprägt, zu deren Beurteilung neben naturwissenschaftlichen Aspekten auch politische, soziale und wirtschaftliche Belange notwendig sind. Eine Möglichkeit, diese komplexen Zusammenhänge zu adressieren sind die sogenannten Socioscientific Issues. Diese bieten einen Rahmen für die Thematisierung gegenwärtiger, kontroverser und lebensrelevanter gesellschaftlicher Problemstellungen, die konzeptionell mit den Naturwissenschaften verbunden sind und dessen Problemlösungen ungewiss sind (Hancock et al., 2019; Zeidler et al., 2019; Chen & Xiao, 2021). Durch die Thematisierung von Grenzwerten in der Chemielehr*innenbildung wurden in dieser Studie chemische und naturwissenschaftliche Erkenntnisse mit gesellschaftlichen Fragestellungen verknüpft, dabei fanden ethische, wirtschaftliche und politische Aspekte Berücksichtigung. Durch diese Einbindung konnten komplexe Risiken als SSI diskutiert werden, was unterschiedliche Perspektiven und Interessen der Akteure beleuchtete. Dadurch konnten die Chemielehramtsstudierenden exemplarisch zur Partizipation an SSI befähigt werden.

Für demokratische Gesellschaften ist es entscheidend, dass ihre Bürger*innen naturwissenschaftlich kompetent sind, um an Diskursen und gesellschaftspolitischen Entscheidungsprozessen partizipieren zu können (Driver et al., 1996; Zeidler, 2014). Dies begründet sich damit, dass in zunehmend wissenschaftlich geprägten gesellschaftlichen Diskursen und Entscheidungsprozessen ein vernetztes chemisches (Fach-)Wissen erforderlich ist, welches im Chemieunterricht vermittelt werden kann (Hodson, 2003; Berkowitz & Simmons, 2003; Roth & Désautels, 2004). Die Verantwortung für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, die auch die Fähigkeit zur Partizipation an SSI umfasst, liegt mitunter im Fach Chemie bei den Chemielehrer*innen. Damit diese jedoch effektiv handeln können, ist es notwendig, dass sie nicht nur entsprechend ausgebildet sind, sondern auch selbst in der Lage sind, an gesellschaftlich relevanten Diskursen über SSI teilzunehmen. Hierfür sind sowohl ein solides, vernetztes Fachwissen zur Problemanalyse als auch didaktische Kompetenzen zur Vermittlung erforderlich. Damit rückte in diesem Projekt das Gestalten von Anforderungssituationen durch Lehrende und das Bewältigen von diesen durch Ler-

nende in den Fokus. Um der Verantwortung zur Vermittlung einer SSI-reflexiven naturwissenschaftlichen Grundbildung nachzukommen, sind Chemielehramtsstudierende jedoch eher unzureichend vorbereitet, was sowohl die internationale Forschung (vgl. bspw. Saunders & Rennie, 2013; Tidemand & Nielsen, 2017; Herman et al., 2017; Chen & Xiao, 2021) als auch die Vorstudien (vgl. Kap. 3; bspw. Anton & Reiners, 2022) belegen. Daher wurde in diesem Forschungsprojekt eine Intervention für Chemielehramtsstudierende konstruiert, erprobt und erforscht (vgl. Anton & Reiners, 2022c; ebd., 2023; ebd., 2024).

Die Grundlage dieser Arbeit und die damit verbundenen Implikationen liegen in einer wesentlichen Veränderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die naturwissenschaftliche Grundbildung. Hier erfolgte eine Abkehr von der reinen Wissensvermittlung (Inputorientierung) hin zur Förderung von Kompetenzen und deren Anwendung in der Lebenswelt (Outputorientierung). Diese Umstellung wird durch bundeseinheitliche Bildungsstandards (KMK, 2005; KMK, 2020; KMK, 2024) unterstützt, die den Fokus darauf legen, dass Lernende befähigt werden, als selbstbestimmte und mündige Bürger*innen zu leben und als solche in der Lage sind, sich konstruktiv in der Gesellschaft einzubringen. Der Kompetenzbegriff (Weinert, 2001) ist ein zentraler Baustein der Bildungsstandards und kompetenzorientierten Kernlehrpläne, er umfasst kognitive Fähigkeiten, Handlungsbereitschaften und soziale Fertigkeiten – sodass nicht nur fachliche, sondern auch fachübergreifende Kompetenzen eine entscheidende Rolle spielen. Denn die naturwissenschaftliche Grundbildung stellt in der Naturwissenschaftsdidaktik das grundlegende Bildungsziel (Gräber et al., 2002) dar. Ihre Vermittlung ist die zentrale Aufgabe der allgemeinbildenden Schule (Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019). International wird die Bildungsidee zur deutschen naturwissenschaftlichen Grundbildung unter dem Begriff *scientific literacy* erfasst und als umfassendes Rahmenkonzept zur Orientierung für die Bildungspolitik im Allgemeinen und für die naturwissenschaftliche Bildung im Besonderen aufgefasst (Siarova et al., 2019).

Um die Chemielehramtsstudierenden exemplarisch zu befähigen, bot die Thematisierung von Grenzwerten einen Zugang zu gesellschaftlich relevanten Fragestellungen im Bereich von Naturwissenschaften, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Die Festlegung von Grenzwerten berührte nicht nur naturwissenschaftliche Aspekte, sondern erforderte auch die Berücksichtigung von ethischen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Aspekten. Die Einbindung von Grenzwerten zu ausgewählten SSI in Vermittlungsprozesse ermöglichte die Thematisierung von komplexen Risiken und deren Bewertung. Dabei konnte auch beleuchtet werden, dass Risiken nicht nur als naturwissenschaftliche Phänomene, sondern als gesellschaftliche Herausforderungen zu begrei-

fen sind. Die Diskussion von Grenzwerten zu ausgewählten SSI, den entsprechenden gesellschaftlichen Diskursen und den Prozessen zu ihrer Setzung eröffnete Möglichkeiten, unterschiedliche Perspektiven und Interessen von verschiedenen Akteuren, die in einem Spannungsfeld stehen, exemplarisch zu beleuchten. Im Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist die Befähigung zur Partizipation in Form von konkretem Handeln aufgrund erworbenen fachlichen Wissens angelegt und über die Thematisierung von SSI können Lernende befähigt werden, in Bezug auf reale gesellschaftliche Probleme aktiv zu werden. Konkret konnte dies durch handlungsorientierte Arbeitsaufträge gelingen (vgl. Anton & Reiners, 2023; Anton & Reiners, 2024). Handlungsorientierte Arbeitsaufträge sind dabei Anweisungen an die Lernenden, ihr erworbenes Wissen in Bezug zum jeweiligen SSI konkret handelnd in Aktivitäten anzuwenden, bspw. mit anderen Lernenden über SSI-Aspekte zu diskutieren und sich mit den Positionen Anderer vor dem Hintergrund der eigenen Position aktiv auseinandersetzen. Hierbei handelt es sich um ein konkretes didaktisches Werkzeug, um Kompetenzen zur Handlungsfähigkeit zu fördern. Fachdidaktisch sollen die Lernenden hier real, d. h. in ihrer Rolle, oder simuliert, d. h. in einer zugewiesenen Rolle, anhand konkreter gesellschaftlicher Artikulations- oder Entscheidungsprozesse exemplarisch am eigenen Leib durch und aus ihrem Handeln heraus zum aktiven Handeln befähigt werden (Hodson, 2011; Hodson, 2014a).

Eine zentrale Aufgabe von Lehrenden sind Vermittlungsprozesse und deren Planung (Baumert & Kunter, 2006; KMK, 2004/2019; Großmann et al., 2022; Großmann & Krüger, 2022). Diese Planungen dokumentieren zum einen, wie den Lernenden durch eine gezielte Lehr-Lern-Struktur ein Kompetenzzuwachs ermöglicht werden soll, zum anderen begründen und dokumentieren sie die Planungsentscheidungen für diejenigen, die diese geplanten Vermittlungsprozesse bewerten (Großmann et al., 2022). Im kompetenzorientierten Unterricht wird den Lernenden ein Lernangebot gemacht, wodurch sie im Idealfall, aber nicht notwendigerweise, die Ziele handelnd erreichen können (Helmke, 2009). Im Kontext dieser Studie, die sich mit der ersten Phase der Chemielehrer*innenbildung beschäftigt, bekamen die angehenden Chemielehrer*innen Angebote gemacht, SSI bezogene Vermittlungsprozesse unter fachdidaktischer Begleitung von einer Theorieperspektive aus in Form von Lernarrangements zu konstruieren. Durch die Arbeitsdefinition von Lernarrangements wurden Lernende und ihre Lernprozesse ins Zentrum der Planung der Vermittlungsprozesse gestellt und SSI als komplexe Gegenstände aus der Lebenswelt als Bildungsinhalt möglich. In dieser Art von Lernarrangements waren die Ziele handlungsleitend für die Planung, Durchführung und Reflexion der Vermittlungsprozesse. Die Konstruktion von Lernarrangements in der ersten Phase der Lehrer*innenbildung bereitete die Studierenden auf ihre zukünftigen Aufgaben

derart vor, sodass Wissen aus Fachwissenschaften, Fachdidaktiken und Bildungswissenschaften vereint werden müssen, um die Lernarrangements adäquat zu planen.

In einer Voruntersuchung zum Forschungsprojekt (vgl. Kap. 3.1) wurden am Beispiel der Schadstoffe in der Luft Chemielehramtsstudierende zu ihrem Wissen zu diesem SSI befragt. Durch die Analyse dieser Daten wurde deutlich, dass die Chemielehramtsstudierenden nicht über genügend anwendbares Fachwissen verfügen, um diesen SSI fach- und sachgerecht einzuschätzen. Vor diesem Hintergrund wurde unter Förderung der Stadt Köln die Vorstudie SChemTeC (vgl. Kap. 3.2) konzipiert, erprobt und analysiert. Hierbei fand an der Universität ein spezielles Fachdidaktikseminar mit dem Fokus auf Schadstoffen in der Luft als SSI statt. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde das hier beschriebene Forschungsprojekt konzipiert. Hervorzuheben ist hierbei das gestaltete Lehrangebot, was als zentraler Gegenstand dieser Interventionsstudie in drei Phasen (Wissensaneignung, Vermittlung anbahnen, Vermittlung reflektieren) unterteilt war. Die Seminare in den Teilstudien wurden zu unterschiedlichen SSI durchgeführt, verfolgten dennoch in ihrer Struktur und in den Aufgabenstellungen die gleichen Ziele. An die Phase der Wissensaneignung schloss sich die Phase Vermittlung anbahnen an. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine qualitative Untersuchung durchgeführt, die stark explorativen Charakter hatte. Veränderungen in Bezug auf die Kompetenzen der Chemielehramtsstudierenden wurden untersucht und dazu wurden Fragebögen, Reflexionsaufgaben, Interviews und Lernarrangements als Datenquellen herangezogen und ausgewertet. Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse in Anlehnung an Mayring (2015b) unter Nutzung verschiedener Analyseformen zur Beantwortung der Forschungsfragen ausgewertet.

Die ersten Untersuchungsfragen (U1.1-U1.3) zielten darauf ab, Veränderungen durch die Lehrveranstaltung im Hinblick auf die verschiedenen Wissensbereiche chemisches Wissen, Grenzwertwissen und Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI jeweils zu indizieren. Untersuchungsfrage U1.4 zielte darauf ab, zu untersuchen, welche Informationsquellen von den Chemielehramtsstudierenden zur Beantwortung der Fragen des Fragebogens vor und nach der Intervention verwendet wurden. Alle Untersuchungsfragen zielten auf die Analyse der Veränderungen durch die spezielle Lehrveranstaltung (vgl. Kap. 4.2) ab. Die in Kapitel 5.2 bis 5.4 vorgestellten Ergebnisse deuteten darauf hin, dass die Chemielehramtsstudierenden der verschiedenen Teilstudien ihr Wissen in allen Wissensbereichen (Untersuchungsfragen U1.1 bis U1.3) erweitern konnten. Es zeigte sich, dass die Werte der Post-Fragebögen in den Hauptkategorien immer deutlich über den jeweiligen der Prä-Fragebögen lagen. Durch das Seminar wurden die Chemielehramtsstudierenden in allen Wissensbereichen befähigt, an Diskursen um SSI fachlich begründet zu

partizipieren. In Bezug auf die zur Beantwortung des Fragebogens verwendeten Informationsquellen (U1.4) konnte ein positiver Einfluss des Seminars konstatiert werden. Die Ergebnisse zeigten, dass die Nutzung wissenschaftlicher Quellen im Verlauf des Seminars zunahm, während die Verwendung bspw. von Massenmedien abnahm.

Neben der Partizipation an SSI stand die Förderung von Kompetenzen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anhand der Themen Mikroplastik und Nitrate als SSI im Vordergrund. Dabei lag der Fokus darauf, wie adäquat die zum Thema Mikroplastik bzw. Nitrate konstruierten Lernarrangements der Chemielehramtsstudierenden in Bezug auf die mit SSI einhergehenden Implikationen zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung begründet worden sind. Die Lernarrangements, die von den Chemielehramtsstudierenden erstellt worden sind, nahmen eine Doppelfunktion ein: zum einen dienten sie als Erhebungsinstrument der Kompetenzen von Chemielehramtsstudierenden zur Vermittlung einer SSI bezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung, zum anderen waren sie durch die aktive und selbstständige Bearbeitung durch die Chemielehramtsstudierenden ein Instrument zur Befähigung im Hinblick auf unterrichtliche Planungsprozesse. Die Lernarrangements waren ein didaktisches Werkzeug zur Vorbereitung der Chemielehramtsstudierenden auf die spätere Unterrichtspraxis (vgl. Kap. 2.3.4). Die Untersuchungen der Lernarrangements (vgl. Kap. 6.2) zeigten in verschiedenen Teilstudien, dass die Chemielehramtsstudierenden in der Lage waren, begründete Lernarrangements zu konstruieren. Die Lernarrangements wurden sowohl zum Thema Mikroplastik als auch zum Thema Nitrate erzeugt. Es zeigte sich im Hinblick auf die Einschätzungsdimensionen immer eine Zunahme an Niveau als Endniveau von Teilstudie 1 zu Teilstudie 3 und 4 hin. Zur Kompetenz im weinertschen Sinne (Weinert, 2001) gehören auch motivationale und volitionale Aspekte, daher wurden über die Lernarrangements hinaus auch die individuellen und subjektiven Perspektiven der Chemielehramtsstudierenden berücksichtigt. Es fanden sich in den vorgestellten Ergebnissen als allgemeine Perspektiven in der Mehrzahl Zustimmungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI. Die Chemielehramtsstudierenden waren dabei auch in der Lage, Chancen und Herausforderungen einer SSI-reflexiven naturwissenschaftlichen Grundbildung zu nennen. Diese waren über die verschiedenen Teilstudien hinweg nahezu deckungsgleich.

Mit Blick auf die Leitfrage, wie Chemielehramtsstudierende durch ein spezielles Lehrangebot gefördert werden können, eine naturwissenschaftliche Grundbildung anhand von SSI zu vermitteln, lieferten die theoretischen Grundlagen (vgl. Kap. 2) und die durch Forschungsfragen geleiteten empirischen Untersuchungen (vgl. Kap. 3-6) einen Mehrwert. Das konstruierte und empirisch im

Sinne einer formativen Evaluation erweiterte Lehrangebot konnte die Chemielehramtsstudierenden sowohl fachlich durch Fachwissenszuwächse als auch fachdidaktisch durch Vermittlungskompetenzzuwächse befähigen. Damit wurde die Forschungslücke gefüllt, wonach gegenwärtig kein empirisch fundiertes Seminarkonzept zur Vermittlung von SSI unter besonderer Berücksichtigung von Partizipationsaspekten für Chemielehramtsstudierende besteht. Die Berücksichtigung von SSI im Zusammenhang mit Risiken über Grenzwerte ermöglichte ein innovatives Lernangebot zu verschiedenen Aspekten, wie bspw. Naturwissenschaften und Gesellschaft. Die Lernarrangements eignen sich sowohl als Instrument zur Förderung von Vermittlungskompetenzen durch die konkrete Planung und Reflexion von Vermittlungsprozessen als auch zur Untersuchung von Vermittlungskompetenzen von Chemielehramtsstudierenden. Darüber hinaus stellten sie für die Chemielehramtsstudierenden des jeweiligen Seminars einen wertvollen Materialkorpus für das spätere Berufsleben dar.

9 Literaturverzeichnis

- AAAS (1989). *Science for all Americans. Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- Abd-El-Khalick, F. (2003). Socioscientific Issues in Pre-College Science Classrooms. In D. L. Zeidler (Hrsg.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (S. 41–61). Dordrecht: Springer.
- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. (2009). The Influence of Metacognitive Training on Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2161–2184.
- Agin, M. L. (1974). Education for scientific literacy: A conceptual frame of reference and some applications. *Science Education*, 58, 403–415.
- Aikenhead, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453–475.
- Albe, V. (2008). When Scientific Knowledge, Daily Life Experience, Epistemological and Social Considerations Intersect: Students' Argumentation in Group Discussions on a Socio-scientific Issue. *Research in Science Education*, 38(1), 67–90.
- Alcaraz-Dominguez, S., & Barajas, M. (2021). Conceptualization of Socioscientific Issues in Educational Practice from a Review of Research in Science Education. *International Journal of Information and Education Technology*, 11(6), 297–302.
- Allchin, D. (1999). Values in Science: An Educational Perspective. *Science & Education*, 8(1), 1–12.
- Alsop, S., & Bencze, J. L. (2014). Activism! Toward a More Radical Science and Technology Education. In J. Bencze & S. Alsop (Hrsg.), *Activist Science and Technology Education* (1–20). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Alsop, S., & Bencze, L. (2012). In Search of Activist Pedagogies in SMTE. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 12(4), 394–408.
- Anton, T. K. (2019). *Gesellschaftliche Herausforderungen im Lichte naturwissenschaftlicher Grundbildung in der Chemielehrer*innenbildung – eine Fragebogenstudie zum Thema Schadstoffe in der Luft* (unveröffentl. Masterarbeit). Köln: Universität zu Köln.
- Anton, T. K., & Reiners, Ch. S. (2022a). On the way to evidence-based reasoning of Socioscientific Issues in Science Teacher Education: Part 8 / Strand 2 (co-Hrsg. A. Laherto & E. Rybska). In G. S. Carvalho, A. S. Afonso, & Z. Anastácio (Hrsg.), *Fostering scientific citizenship in an uncertain world (Proceedings of ESERA 2021)* (S. 545–554). Braga: CIEC, University of Minho.

- Anton, T. K., & Reiners, Ch. S. (2022b). Smart Chemistry Teachers Cologne (SCChemTeC) – a project in chemistry teacher education to promote scientific literacy. *CHEMKON*, 29(S1), 275–279.
- Anton, T. K., & Reiners, Ch. S. (2022c). Socioscientific Issues in der Chemielehrer*innenbildung am Beispiel Mikroplastik. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen.: GDGP-Online-Jahrestagung 2021* (pp. 112–115). Duisburg-Essen: GDGP.
- Anton, T. K., & Reiners, Ch. S. (2023). Didaktische Transformation von SSI am Beispiel von Mikroplastik. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt: GDGP-Jahrestagung in Aachen 2022* (S. 83–86). Duisburg-Essen: GDGP.
- Anton, T. K., & Reiners, Ch. S. (2024). Didaktische Transformation von SSI am Beispiel Mikroplastik: Chemielehrer*innen in der Verantwortung. In H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Jahrestagung in Hamburg 2023* (S. 314–317). Essen: GDGP.
- Archila, P. A., Molina, J., Danies, G., Mejía, A.-M. T. de, & Restrepo, S. (2021). Providing Undergraduates with Opportunities to Explicitly Reflect on How News Articles Promote the Public (Mis)understanding of Science. *Science & Education*, 267–291.
- Arnold, R., & Gómez Tutor, C. (2007). *Grundlinien einer Ermöglichungsdidaktik: Bildung ermöglichen - Vielfalt gestalten. Grundlagen der Weiterbildung*. Hergensweiler: Ziel-Verlag.
- Bächi, B. (2012). Zur Geschichte, Epistemologie und sozialen Robustheit des Regulierungswissens: Grenzwerte für gefährliche Arbeitsstoffe als produktive Missverständnisse (1955-1980). In G. Keil & R. Poscher (Hrsg.), *Unscharfe Grenzen im Umwelt- und Technikrecht* (S. 117–133). Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Bakenhus, S., Wernke, S., & Zierer, K. (2017). Welche Planungsüberlegungen tätigen berufserfahrene Lehrkräfte, wenn sie unter nicht vertrauten Rahmenbedingungen Unterricht vorbereiten müssen? In S. Wernke & K. Zierer (Hrsg.), *Die Unterrichtsplanung: ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Status Quo und Perspektiven aus Sicht der empirischen Forschung* (S. 178–194). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Barkun, M. (2003). *A culture of conspiracy*. Berkeley: University of California Press.
- Barrett, S. E., & Nieswandt, M. (2010). Teaching about ethics through socioscientific issues in physics and chemistry: Teacher candidates' beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 380–401.

-
- Barrue, C., & Albe, V. (2013). Citizenship Education and Socioscientific Issues: Implicit Concept of Citizenship in the Curriculum, Views of French Middle School Teachers. *Science & Education*, 22(5), 1089–1114.
- Bauer, A., & Koedinger, K. R. (2007). Selection-based note-taking applications. In M. B. Rosson & D. Gilmore (Hrsg.), *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (S. 981–990). New York, NY, USA: ACM.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., . . . Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.
- Beck, U. (1999). *World risk society*. Cambridge: Polity Press.
- Beck, U. (2016). *Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne* (23. Aufl., Originalausgabe). *Subrkamp-E-Books Themenpaket Soziologie und Systemtheorie: Vol. 1365*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Bencze, L., Sperling, E., & Carter, L. (2012). Students' Research-Informed Socio-scientific Activism: Re/Visions for a Sustainable Future. *Research in Science Education*, 42(1), 129–148.
- Bennett, J., Gräsel, C., Parchmann, I., & Waddington, D. (2005). RESEARCH REPORT. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1521–1547.
- Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999–1015.
- Berkowitz, M. W., & Simmons, P. E. (2003). Integrating Science Education and Character Education. In D. L. Zeidler (Hrsg.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (S. 117–138). Dordrecht: Springer.
- Bernholt, S., Parchmann, I., & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *ZfdN*, 15, 219–245.
- Beyer, K. (2008). *Pragmatische Didaktik: 9 Studien zur Förderung der Kompetenz zum vernünftigen Handeln*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Bhattacharya, P., Lin, S., Turner, J. P., & Ke, P. C. (2010). Physical Adsorption of Charged Plastic Nanoparticles Affects Algal Photosynthesis. *The Journal of Physical Chemistry C*, 114(39), 16556–16561.

- Blaikie, N. W. H. (1991). A critique of the use of triangulation in social research. *Quality and Quantity*, 25(2), 115–136.
- Blamberger, G., Freimuth, A., & Strohschneider, P. (2018). *Vom Umgang Mit Fakten: Antworten Aus Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften*. Boston: BRILL.
- Bliersbach, M. (2017). *Kreativität in der Chemie*. Berlin: Logos.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift Für Psychologie*, 223(1), 3–13.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1976). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich* (5. Aufl., (17. - 21. Tsd.)). Weinheim: Beltz.
- Böhm, G., & Pfister, H.-R. (2005). Consequences, morality, and time in environmental risk evaluation. *Journal of Risk Research*, 8(6), 461–479.
- Böhm, M. (2012). Unscharfe Grenzen im Umwelt- und Technikrecht – Grenzwertfestlegung als Gratwanderung zwischen Recht und Politik. In G. Keil & R. Poscher (Hrsg.), *Unscharfe Grenzen im Umwelt- und Technikrecht* (S. 55–66). Baden-Baden: Nomos.
- Böhme, G. (1979). Die Verwissenschaftlichung der Erfahrung. Wissenschaftsdidaktische Konsequenzen. In G. Böhme & M. von Engelhardt (Hrsg.), *Entfremdete Wissenschaft* (S. 114–136). Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Bönsch, M. (1997). Das Methodenrepertoire ausschöpfen. In D. Haarmann (Hrsg.), *Beltz-Handbuch. Handbuch Elementare Schulpädagogik: Handlungsfelder institutionalisierter Grund- und Allgemeinbildung in den Klassen 1 bis 10* (S. 131–164). Weinheim, Basel: Beltz.
- Borko, H. (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. *Educational Researcher*, 33(8), 3–15.
- Bossér, U. (2018). *Exploring the complexities of integrating socioscientific issues in science teaching*. Linnaeus University Dissertations: Vol. 304. Växjö: Linnaeus University Press.
- Bossér, U., & Lindahl, M. (2019). Students' Positioning in the Classroom: a Study of Teacher-Student Interactions in a Socioscientific Issue Context. *Research in Science Education*, 49(2), 371–390.
- Bossér, U., & Lindahl, M. (2021). Teachers' Coordination of Dialogic and Authoritative Discourses Promoting Specific Goals in Socioscientific Issue-Based Teaching. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(3), 461–482.
- Bossér, U., Lundin, M., Lindahl, M., & Linder, C. (2015). Challenges faced by teachers implementing socio-scientific issues as core elements in their classroom practices. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3(2), 159–176.

- Böttcher, F., & Meisert, A. (2013). Effects of Direct and Indirect Instruction on Fostering Decision-Making Competence in Socioscientific Issues. *Research in Science Education*, 43(2), 479–506.
- Bourdieu, P. (1982). *Die feinen Unterschiede: Kritik der gesellschaftlichen Urteilskraft* (10. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Bouwmeester, H., Hollman, P. C. H., & Peters, R. J. B. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science & Technology*, 49(15), 8932–8947.
- Bremer, H. (2010). Symbolische Macht und politisches Feld. Der Beitrag der Theorie Pierre Bourdieus für die politische Bildung. In B. Lösch & A. Thimmel (Hrsg.), *Reihe Politik und Bildung: Band 54. Kritische politische Bildung: Ein Handbuch* (S. 181–192). Schwalbach/Ts.: Wochenschau-Verl.
- Brennan, R.L., & Prediger, D.J. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 687–699.
- Brockhage, F., Lüsse, M., Pietzner, V., & Beeken, M. (2021a). Citizen Science & Schule: Wie Schülerprojekte die Forschung zu Themen der Nachhaltigkeit vorantreiben können. *NiU-Chemie*, 32(3), 8–15.
- Brockhage, F., Lüsse, M., Pietzner, V., & Beeken, M. (2021b). Nachhaltigkeit in Gesellschaft, Wissenschaft, Politik und Schule. *Chemie in Unserer Zeit*, 55(2), 125–129.
- Bromme, R. (2020). Informiertes Vertrauen: Eine psychologische Perspektive auf Vertrauen in Wissenschaft. In M. Jungert, A. Frewer, & E. Mayr (Hrsg.), *Wissenschaftsreflexion: Interdisziplinäre Perspektiven zwischen Philosophie und Praxis* (S. 105–134). Paderborn: Brill.
- Bromme, R., & Kienhues, D. (2012). Rezeption von Wissenschaft — Mit Besonderem Fokus auf Bio- und Gentechnologie und Konfligierende Evidenz. In M.-D. Weitze (Hrsg.), *acatech DISKUSSION. Biotechnologie-Kommunikation: Kontroversen, Analysen, Aktivitäten* (S. 303–348). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Brookhart, S. M. (2018). Appropriate Criteria: Key to Effective Rubrics. *Frontiers in Education*, 3.
- Brown, J. R. (2001). *Who Rules in Science? An opinionated guide to the Wars*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., & Thompson, R. C. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L). *Environmental Science & Technology*, 42(13), 5026–5031.

- Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2013). Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity. *Current Biology: CB*, 23(23), 2388–2392.
- Bruder, R. (2008). Vielseitig mit Aufgaben arbeiten. Mathematische Kompetenzen nachhaltig entwickeln und sichern. In R. Bruder, T. Leuders, & A. Büchter (Hrsg.), *Mathematikunterricht entwickeln: Bausteine für kompetenzorientiertes Unterrichten* (S. 18–52). Berlin: Cornelsen.
- Brunnengräber, A. (2013). Klimaskeptiker in Deutschland und ihr Kampf gegen die Energiewende. Abgerufen am 20.02.2026 von https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/20150/FFU-Report_Achim_Brunnengraeber_endguel-tige_Version.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bryce, T., & Gray, D. (2004). Tough acts to follow: the challenges to science teachers presented by biotechnological progress. *International Journal of Science Education*, 26(6), 717–733.
- Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., Jong, O. de, & Pilot, A. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063–1086.
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2023). Leitfaden für die Bewertung gesundheitlicher Risiken. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.bfr.bund.de/cm/350/leitfaden-fuer-gesundheitliche-bewertungen-bf.pdf>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2018). *Zukunft? Jugend fragen! Nachhaltigkeit, Politik, Engagement - eine Studie zu Einstellungen und Alltag junger Menschen* (2. Auflage). Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2020). Zukunft? Jugend fragen! Umwelt, Klima, Politik, Engagement - Was junge Menschen bewegt. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/zukunft_jugend_fragen_studie_bf.pdf
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2022). Zukunft? Jugend fragen! 2021. Umwelt, Klima, Wandel – was junge Menschen erwarten und wie sie sich engagieren. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/zukunft_jugend_fragen_2021_bf.pdf
- Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2025). *Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland (GG)*. Bonn: bpb.
- Busse, M. (1987). Vertrauen in Wissenschaft?? Das Menetekel von Tschernobyl. *Chemie in Unserer Zeit*, 21(4), 105–111.

- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth: Heinemann.
- Byrne, J., Ideland, M., Malmberg, C., & Grace, M. (2014). Climate Change and Everyday Life: Repertoires children use to negotiate a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 36(9), 1491–1509.
- Calmbach, M., Flaig, B. B., Edwards, J., Möller-Slawinski, H., Borchard, I., & Schleer, C. (2020). *Wie ticken Jugendliche? 2020: Lebenswelten von Jugendlichen im Alter von 14 bis 17 Jahren in Deutschland. Wie ticken Jugendliche*. Bonn: bpb.
- Causton-Theoharis, J. N., Theoharis, G. T., & Trezek, B. J. (2008). Teaching pre-service teachers to design inclusive instruction: a lesson planning template. *International Journal of Inclusive Education*, 12(4), 381–399.
- Chen, L., & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review*, 32, 100377.
- Chi, M. T. H. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73–105.
- Chi, M. T. H., Kang, S., & Yaghmourian, D. L. (2017). Why Students Learn More From Dialogue-Than Monologue-Videos: Analyses of Peer Interactions. *Journal of the Learning Sciences*, 26(1), 10–50.
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
- Christensen, C. (2009). Risk and school science education. *Studies in Science Education*, 45(2), 205–223.
- Clough, M. P. (2007). Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: Questions rather than tenets. *California Journal of Science Education*, 8(2), 31–40.
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2015). The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environmental Science & Technology*, 49(2), 1130–1137.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47(12), 6646–6655.
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916–937.

- Cribblez, L. (2009). *Bildungsstandards*. Seelze: Klett.
- Cross, R. T. (1993). The Risk of Risks: a challenge and a dilemma for science and technological education. *Research in Science & Technological Education*, 11(2), 171–183.
- Cross, R. T. [Roger T.], & Price, R. F. (1996). Science teachers' social conscience and the role of controversial issues in the teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), 319–333.
- Dawson, V. (2001). Addressing controversial issues in secondary school science. *Australian Science Teachers' Journal*, 47(4), 38–44.
- Day, S. P., & Bryce, T. G. K. (2011). Does the Discussion of Socio-Scientific Issues require a Paradigm Shift in Science Teachers' Thinking? *International Journal of Science Education*, 33(12), 1675–1702.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601.
- Denzin, N. (1978). *The Research Act*. Chicago: Aldine.
- Detjen, J. (2013). *Politische Bildung: Geschichte und Gegenwart in Deutschland*. München: De Gruyter.
- Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V (Hrsg.) (2019). *Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung. Saubere Luft - Stickstoffoxide und Feinstaub in der Atemluft: Grundlagen und Empfehlungen: Ad-hoc-Stellungnahme* (1. Auflage). Halle (Saale): Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V.
- Dieter, H. H. (2009). Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte. Definitionen und Festlegung mit Beispielen aus dem UBA. *Bundesgesundheitsblatt*, 52, 1202–1206.
- Diez, G., & Heisenberg, E. (2020). *Power to the people: Wie wir mit Technologie die Demokratie neu erfinden* (1. Auflage). Berlin: Hanser Berlin.
- Dori, Y. J., Tal, R. T., & Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies—can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education*, 87(6), 767–793.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humannwissenschaften*. Berlin: Springer.
- Dörner, D. (2011). *Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Reinbek: Rowohlt.
- Douglas, M. (1994). *Risk and blame: Essays in cultural theory*. London: Routledge.

-
- Dresing, T., & Pehl, T. (2018). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (8. Aufl.). Marburg: Eigenverlag.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open Univ. Press.
- Dürr, H.-P. (1989). Wissenschaft und Wirklichkeit Über die Beziehung zwischen dem Weltbild der Physik und der eigentlichen Wirklichkeit. In H.-P. Dürr & W. C. Zimmerli (Hrsg.), *Geist und Natur: Über den Widerspruch zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und philosophischer Welterfahrung* (S. 28–46). Bern: Scherz.
- Dzur, A. W. (2019). *Democracy Inside*. Oxford: Oxford University Press.
- Eastwood, J. L., Sadler, T. D., Zeidler, D. L., Lewis, A., Amiri, L., & Applebaum, S. (2012). Contextualizing Nature of Science Instruction in Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2289–2315.
- Eddington, A. (1939). *The Philosophy of Physical Science*. Cambridge: University Press.
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63–82.
- EFSA (2016). Mikro- und Nanokunststoffe in Lebensmitteln – ein zunehmendes Problem. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.efsa.europa.eu/de/press/news/>
- Eggert, S., Ostermeyer, F., Hasselhorn, M., & Bögeholz, S. (2013). Socioscientific Decision Making in the Science Classroom: The Effect of Embedded Metacognitive Instructions on Students' Learning Outcomes. *Education Research International*, 2013, 1–12.
- Eijkelhoff, H. (1986). Dealing with acceptable risk in science education: the case of ionizing radiation. In *Ethics and Social Responsibility in Science Education* (S. 189–199). Elsevier.
- Eikel, A. (2006). *Demokratische Partizipation in der Schule. Beiträge zur Partizipationsförderung in der Schule. BLK-Programm „Demokratie lernen & leben“*. Berlin: BLK-Programm „Demokratie lernen und leben“.
- Ekborg, M., Ottander, C., Silfver, E., & Simon, S. (2013). Teachers' Experience of Working with Socio-scientific Issues: A Large Scale and in Depth Study. *Research in Science Education*, 43(2), 599–617.
- Elam, M., & Bertilsson, M. (2003). Consuming, Engaging and Confronting Science. *European Journal of Social Theory*, 6(2), 233–251.
- Europäische Parlament, & Europäische Rat (2008). Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa:

- 2008/50/EG. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=DE>
- Europäische Rat (1991). RICHTLINIE DES RATES vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (91 / 676 / EWG). Abgerufen am 20.02.2026 von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676>
- European Chemicals Agency (ECHA) (2011). Leitlinien zu Informationsanforderungen und Stoff-sicherheitsbeurteilung. Teil B: Ermittlung schädlicher Wirkungen. Abgerufen am 20.02.2026 von https://echa.europa.eu/documents/10162/17235/information_requirements_part_b_de.pdf/23835902-8582-446c-b615-5ac3d8c21ff8?t=1326807700384
- European Chemicals Agency (ECHA) (2016). Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment Part E: Risk Characterisation Version 3.0. Abgerufen am 20.02.2026 von https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_part_e_en.pdf/1da6cadd-895a-46f0-884b-00307c0438fd
- European Chemicals Agency (ECHA) (2019). Annex to the annex XV restriction report—Micro-plastics, version number: 1.2 DATE: 22 August 2019. Abgerufen am 20.02.2026 von https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/rest_microplastics_axvreport_annex_en.pdf/01741d07-f06b-bf32-8d6f-d6a8de54c4d0
- Evagorou, M. (2011). Discussing a Socioscientific Issue in a Primary School Classroom: The Case of Using a Technology-Supported Environment in Formal and Nonformal Settings. In T. D. Sadler (Hrsg.), *Contemporary Trends and Issues in Science Education: volume 39. Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (Vol. 39, S. 133–159). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Evagorou, M., Nielsen, J. A., & Dillon, J. (2020). *Springer eBook Collection: Vol. 52. Science Teacher Education for Responsible Citizenship: Towards a Pedagogy for Relevance through Socioscientific Issues*. Cham: Springer International Publishing; Imprint Springer.
- Evagorou, M., & Puig Mauriz, B. (2017). Engaging Elementary School Pre-service Teachers in Modeling a Socioscientific Issue as a Way to Help Them Appreciate the Social Aspects of Science. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 113.
- Eysel, C. (2006). *Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung: Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung*. Berlin: Logos Verl.
- Feinstein, N. (2011). Salvaging science literacy. *Science Education*, 95(1), 168–185.

-
- Fensham, P. J. (2002). Time to change drivers for scientific literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), 9–24.
- Fensham, P. J. (2005). Literacy, Scientific. In *Encyclopedia of Social Measurement* (S. 541–547). Elsevier.
- Fensham, P. J. (2012). Preparing Citizens for a Complex World: The Grand Challenge of Teaching Socio-scientific Issues in Science Education. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Hrsg.), *Science, Environment, Health* (S. 7–29). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Fensham, P. J. (2013). The science curriculum; the decline of expertise and the rise of bureaucracy. *Journal of Curriculum Studies*, 45(2), 152–168.
- Fitzpatrick, F. L. (1960). *Policies for science education*. New York: Bureau of Publications, Teachers College, Columbia University.
- Fleming, R. (1986a). Adolescent reasoning in socio-scientific issues, part I: Social cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 677–687.
- Fleming, R. (1986b). Adolescent reasoning in socio-scientific issues part II: Nonsocial cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 689–698.
- Flick, U. (2011). *Triangulation: Eine Einführung* (3., aktualisierte Auflage). *Qualitative Sozialforschung*. Wiesbaden: VS.
- Flick, U. (2014). *Qualitative Sozialforschung: Eine Einführung* (6. Auflage). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Flick, U. (2015). Triangulation in der qualitativen Forschung. In U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (11. Aufl., S. 309–318). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Frick, V., Gossen, M., Holzhauer, B., & Winter, F. (2023). Zukunft? Jugend fragen! 2021. Abschlussbericht. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_38-2023_zukunft_jugend_fragen_2021.pdf
- Früh, W. (2017). *Inhaltsanalyse* (9. Aufl.). Stuttgart: UVK.
- Fullinwider, R. K. (1987). Technological literacy and citizenship. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 7, 320–324.
- Fürhacker, M. (2020). Warum eine Risikoabschätzung und Grenzwertsetzung für Mikrokunststoffe in der aquatischen Umwelt problematisch ist. *Österreichische Wasser- Und Abfallwirtschaft*, 72(9-10), 361–369.

- Gabel, L. L. (1976). *The development of a model to determine perceptions of scientific literacy.: Doctoral dissertation*. Columbus: The Ohio State University.
- Gantefort, C. (2019). Methodenpool für sprachsensiblen Fachunterricht. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.mercator-institut-sprachfoerderung.de/de/publikationen/material-fuer-die-praxis/methodenpool/>
- Garrecht, C. (2020). *The promotion of socioscientific decision-making: Addressing four challenges in science education practice and research*. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel.
- Genel, A., & Topcu, M. S. (2016). Turkish preservice science teachers' socioscientific issues-based teaching practices in middle school science classrooms. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 105–123.
- Gerten, D., & Schellnhuber, H. J. (2015). Planetare Grenzen, globale Entwicklung. In H. Leitschuh (Hrsg.), *Jahrbuch Ökologie: Vol. 2016. Gesucht: Weltumweltpolitik: Herausforderungen im Anthropozän* (S. 11–19). Stuttgart: Hirzel.
- GESAMP (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. Abgerufen am 20.02.2026 von https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9545/-Sources%2c_Fate_and_Effects_of_Microplastics_in_the_Marine_Environment_A_Global_Assessment.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- GESAMP (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. Abgerufen am 20.02.2026 von <http://www.gesamp.org/site/assets/files/1275/sources-fate-and-effects-of-microplastics-in-the-marine-environment-part-2-of-a-global-assessment-en.pdf>
- Gesellschaft für Toxikologie Deutschland (2019). Der aktuelle NO₂-Grenzwert ist wissenschaftlich plausibel: Stellungnahme der Beratungskommission der Gesellschaft für Toxikologie. Abgerufen am 20.02.2026 von https://toxikologie.eu/wp-content/uploads/2021/12/2019-GT_NO2.pdf
- Giddens, A. (1999). Risk and Responsibility. *The Modern Law Review*, 62(1), 1–10.
- Giddens, A., Fleck, C., & Egger de Campo, M. (2009). *Soziologie* (3., überarb., aktualisierte Aufl.). Graz, Wien: Nausner & Nausner.
- Gigault, J., El Hadri, H., Nguyen, B., Grassl, B., Rowenczyk, L., Tufenkji, N., . . . Wiesner, M. (2021). Nanoplastics are neither microplastics nor engineered nanoparticles. *Nature Nanotechnology*, 16(5), 501–507.

- Gnahn, D. (2010). *Kompetenzen - Erwerb, Erfassung, Instrumente* (2. Auflage). *Studententexte für Erwachsenenbildung*. Bielefeld: W. Bertelsmann.
- Goldman, A. I. (2001). Experts: Which Ones Should You Trust? *Philosophy and Phenomenological Research*, 63(1), 85–110.
- Gossen, M., Holzhauer, B., Schipperges, M., & Scholl, G. (2016). Umweltbewusstsein in Deutschland 2014: Vertiefungsstudie Umweltbewusstsein und Umweltverhalten junger Menschen. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/376/publikationen/texte_77_2015_umweltbewusstsein_in_deutschland_2014_vertiefungsstudie.pdf
- Gossen, M., Müller, R., Holzhauer, B., & Geiger, S. (2021). „Zukunft? Jugend fragen! 2019“: Teilbericht. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-03-03_texte_12-2021_ubs_2019_jugend.pdf
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T., & Evans, R. (Hrsg.) (2002). *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Wiesbaden: VS.
- Groß, K. (2022). Individuelle Förderung im Chemieunterricht. In Ch. S. Reiners (Hrsg.), *Lehrbuch. Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen* (2. Aufl., S. 183–204). Berlin: Springer.
- Großmann, L., Lotz, A., Mulke, S., & Krüger, D. (2022). Probleme beim Planen? Acht Vorschläge zum Gelingen eines Unterrichtsentwurfs im Fach Biologie. *MNU*, 75(5), 368–376.
- Großmann, L., & Krüger, D. (2022). Welche Rolle spielt das fachdidaktische Wissen von Biologie-Referendar*innen für die Qualität ihrer Unterrichtsentwürfe? *ZfdN*, 28(1).
- Großschedl, J., Mahler, D., Kleickmann, T., & Harms, U. (2014). Content-Related Knowledge of Biology Teachers from Secondary Schools: Structure and learning opportunities. *International Journal of Science Education*, 36(14), 2335–2366.
- Gudjons, H. (2014). *Handlungsorientiert lehren und lernen: Schüleraktivierung - Selbsttätigkeit - Projektarbeit* (8., aktualisierte Auflage). *Erziehen und Unterrichten in der Schule*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Gusfield, J. (1976). The Literary Rhetoric of Science: Comedy and Pathos in Drinking Driver Research. *American Sociological Review*, 41(1), 16–34.
- Gutknecht-Gmeiner, M. (2008). *Externe Evaluierung durch Peer Review*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Haas, A. (2005). Unterrichtsplanung im Alltag von Lehrerinnen und Lehrern. In A. A. Huber (Hrsg.), *Vom Wissen zum Handeln: Ansätze zur Überwindung der Theorie-Praxis-Kluft in Schule und Erwachsenenbildung* (S. 5–19). Tübingen: Huber.
- Häcker, T., & Winter, F. (2011). Portfolios – nicht um jeden Preis! Bedingungen und Voraussetzungen der Portfolioarbeit in der Lehrerbildung. In I. Brunner, T. Häcker, & F. Winter (Hrsg.), *Das Handbuch Portfolioarbeit: Konzepte, Anregungen, Erfahrungen aus Schule und Lehrerbildung* (4. Aufl., S. 227–233). Seelze-Velber: Kallmeyer bei Friedrich.
- Hagen, S. L. ten (2019). How “Facts” Shaped Modern Disciplines. *Historical Studies in the Natural Sciences*, 49(3), 300–337.
- Hammann, M., & Jördens, J. (2014). Offene Aufgaben codieren. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 169–178). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T., & Sadler, T. D. (2019). Selecting Socio-scientific Issues for Teaching. *Science & Education*, 28(6-7), 639–667.
- Hann, S., Sherrington, C., Jamieson, O., Hickman, M., Kershaw, P., Bapasola, A., & Cole, G. (2018). Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products. Abgerufen am 20.02.2026 von https://bmbf-plastik.de/sites/default/files/2018-04/microplastics_final_report_v5_full.pdf
- Hansen, J., & Hammann, M. (2017). Risk in Science Instruction. *Science & Education*, 26(7-9), 749–775.
- Harlen, W. (2001a). The Assessment of Scientific Literacy in the OECD/PISA Project. *Studies in Science Education*, 36(1), 79–103.
- Harlen, W. (2001b). The Assessment of Scientific Literacy in the OECD/PISA Project. In H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross, & P. Reiska (Hrsg.), *Research in Science Education - Past, Present, and Future* (S. 49–60). Dordrecht: Springer.
- Harris, R., & Ratcliffe, M. (2005). Socio-scientific issues and the quality of exploratory talk—what can be learned from schools involved in a ‘collapsed day’ project? *The Curriculum Journal*, 16(4), 439–453.
- Hartig, J., & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 127–143). Berlin: Springer.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.

-
- Hedtke, R. (2016). Bildung zur Partizipation: Fachdidaktik als Auftragsnehmerin der Politik? In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann, & M. Rothgangel (Hrsg.), *Waxmann-E-Books Schule und Unterricht: Band 10. Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe: Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 9–24). Münster, New York: Waxmann.
- Heimann, P. (1976). Didaktik als Theorie and Lehre. In K. Reich & P. Heimann (Hrsg.), *Didaktische Arbeiten zur Lehrerbildung und Medienpädagogik. Didaktik als Unterrichtswissenschaft* (S. 142–167). Stuttgart: Klett.
- Heimann, P., Otto, G., & Schulz, W. (1976). *Unterricht: Analyse und Planung* (8.Aufl.). Hannover: Schroedel.
- Herman, B. C., Feldman, A., & Vernaza-Hernandez, V. (2017). Florida and Puerto Rico Secondary Science Teachers' Knowledge and Teaching of Climate Change Science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(3), 451–471.
- Hodson, D. (2014a). Putting Your Money Where Your Mouth Is: Towards an Action-oriented Science Curriculum. *Journal of Activist Science & Technology Education*, 1(1).
- Hodson, D. (1993). In search of a rationale for multicultural science education. *Science Education*, 77(6), 685–711.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670.
- Hodson, D. (2011). *Looking to the future: Building a curriculum for social activism*. Rotterdam: Sense.
- Hodson, D. (2014b). Becoming Part of the Solution: Learning about Activism, Learning through Activism, Learning from Activism. In J. Bencze & S. Alsop (Hrsg.), *Activist Science and Technology Education* (S. 67–98). Dordrecht: Springer.
- Hoecker, B. (2006). Politische Partizipation. In B. Hoecker (Hrsg.), *Politische Partizipation Zwischen Konvention und Protest: Eine Studienorientierte Einführung* (S. 3–20). Leverkusen-Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Hofheinz, V. (2008). *Erwerb von Wissen über "Nature of Science". Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht*. Siegen: Universität Siegen.
- Hofheinz, V. (2010). Das Wesen der Naturwissenschaft. Was die Naturwissenschaften ausmacht. *Naturwissenschaften Im Unterricht Chemie*, 21(118/119), 8–13.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 275–288 (14 Seiten).

- Holfelder, A.-K., Singer-Brodowski, M., Holz, V., & Kminek, H. (2021). Erziehungswissenschaftliche Fragen im Zusammenhang mit der Bewegung Fridays for Future. *Zeitschrift Für Pädagogik*, 67(1), 120–139.
- Holleman, A. F., Wiberg, E., & Wiberg, N. (2017). *Grundlagen und Hauptgruppenelemente: Band 1: Grundlagen und Hauptgruppenelemente* (103 Aufl.). Berlin/Boston: De Gruyter.
- Holsti, O. R. (1969). *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Reading: Addison-Wesley.
- Höttecke, D. (2021). Wissenschaftskommunikation in einer Welt aus Filterblasen, Echokammern und Fake News: die Beispiele Corona und Klimawandel. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.youtube.com/watch?v=C0g-OcxZnNw>
- Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641–666.
- Hurrelmann, K. (2006). *Einführung in die Sozialisationstheorie*. Weinheim: Beltz.
- Ingenkamp, K., & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der pädagogischen Diagnostik*. Weinheim: Beltz.
- IPCC (2016). *Klimaänderung 2014: Synthesebericht.: Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen*. Bonn: IPCC.
- IPCC (2018). 1,5 °C GLOBALE ERWÄRMUNG. Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf
- Irwin, A., & Wynne, B. (2003). *Misunderstanding science? The public reconstruction of science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jander, G., & Spandau, H. (1987). *Kurzes Lehrbuch der anorganischen und allgemeinen Chemie* (10., überarb. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Jänicke, M. (2021). Umweltpolitik. In U. Andersen, J. Bogumil, S. Marschall, & W. Woyke (Hrsg.), *Handwörterbuch des politischen Systems der Bundesrepublik Deutschland* (8 Aufl., S. 917–924). Wiesbaden: Springer.
- Jank, W., & Meyer, H. (2021). *Didaktische Modelle* (14. Auflage). Berlin: Cornelsen.

- Jansen, W., Fickenfrerichs, H., Flintjer, B., Matuschek, C., Peper-Bienzeisler, R., Ralle, B., & Wienekamp, H. (1986a). Geschichte der Chemie im Chemieunterricht - das historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren. Teil 1. *MNU*, 39(6), 321–330.
- Jansen, W., Fickenfrerichs, H., Flintjer, B., Matuschek, C., Peper-Bienzeisler, R., Ralle, B., & Wienekamp, H. (1986b). Geschichte der Chemie im Chemieunterricht - das historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren. Teil 2. *MNU*, 39(7), 391–397.
- Jenkins, E. W. (1994). Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, 26(6), 601–611.
- Jensen, B. B. (2002). Knowledge, Action and Pro-environmental Behaviour. *Environmental Education Research*, 8(3), 325–334.
- Jho, H., Yoon, H.-G., & Kim, M. (2014). The Relationship of Science Knowledge, Attitude and Decision Making on Socio-scientific Issues: The Case Study of Students' Debates on a Nuclear Power Plant in Korea. *Science & Education*, 23(5), 1131–1151.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Puig, B. (2012). Argumentation, Evidence Evaluation and Critical Thinking. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second International Handbook of Science Education* (S. 1001–1015). Dordrecht: Springer.
- Johnson, P. G. (1962). The goals of science education. *Theory into Practice*, 1(5), 239–244.
- Bertling, J., Hamann, L., & Bertling, R. (2018). Kunststoffe in der Umwelt. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>
- Jung, L. A. (2007). Writing SMART Objectives and Strategies That Fit the ROUTINE. *TEACHING Exceptional Children*, 39(4), 54–58.
- Kaase, M. (1997). Vergleichende politische Partizipationsforschung. In D. Berg-Schlosser & F. Müller-Rommel (Hrsg.), *Springer eBook Collection Humanities, Social Science: Vol. 1391. Vergleichende Politikwissenschaft* (4. Aufl., S. 473–478). Opladen: Leske + Budrich.
- Kakoschke, A. (2018). Didaktische Prinzipien zur Stoffauswahl und -anordnung. In K. A. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (2. Aufl., S. 302–319). Seelze: Aulis.
- Kang, H., Windschitl, M., Stroupe, D., & Thompson, J. (2016). Designing, launching, and implementing high quality learning opportunities for students that advance scientific thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9), 1316–1340.

- Kant, I. (1905/1968). *Vorkritische Schriften II: 1757-1777: Unveränderter fotomechanischer Abdruck der Ausgabe Berlin 1905. Werke: Akademie-Textausgabe; unveränderter fotomechanischer Abdruck des Textes der von der Preussischen Akademie der Wissenschaften 1902 begonnenen Ausgabe*. Berlin: De Gruyter.
- Karisan, D., & Zeidler, D. L. (2016). Contextualization of Nature of Science within the Socioscientific Issues Framework: A Review of Research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 139–152.
- Karlström, M., & Hamza, K. (2021). How Do We Teach Planning to Pre-service Teachers – A Tentative Model. *Journal of Science Teacher Education*, 32(6), 664–685.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *ZfdN*, 3(3), 3–18.
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395–418.
- Kiel, E., & Weiß, S. (2015). Inklusion als Herausforderung für Lehrkräfte höherer Schulformen. In G. Biewer, E.-T. Böhm, & S. Schütz (Hrsg.), *Inklusive Pädagogik in der Sekundarstufe* (S. 164–178). Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Kinskey, M., & Zeidler, D. (2020). Elementary Preservice Teachers' Challenges in Designing and Implementing Socioscientific Issues-Based Lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 32(3), 350–372.
- Kiper, H., & Mischke, W. (2004). *Einführung in die Allgemeine Didaktik*. (Beltz Studium, 1. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Kiper, H., & Mischke, W. (2006). *Einführung in die Theorie des Unterrichts*. Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1972). Kategoriale Bildung. Zur bildungstheoretischen Deutung der modernen Didaktik. In W. Klafki (Hrsg.), *Studien zur Bildungstheorie und Didaktik* (S. 25–45). Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1975b). Das Problem der Didaktik (1962). In W. Klafki (Hrsg.), *Beltz Studienbuch: Vol. 1. Studien zur Bildungstheorie und Didaktik* (37. Aufl., S. 72–125). Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1975a). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung (1958). In W. Klafki (Hrsg.), *Beltz Studienbuch: Vol. 1. Studien zur Bildungstheorie und Didaktik* (37. Aufl., S. 126–153). Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1983). Die bildungstheoretische Didaktik im Rahmen kritisch-konstruktivistischer Erziehungswissenschaft. In H. Gudjons, W. Klafki, R. Teske, & R. Winkel (Hrsg.), *Didaktische Theorien: Aufsätze aus der Zeitschrift "Westermanns Pädagogische Beiträge"* (S. 11–27). Braunschweig: Westermann.

- Klafki, W. (1996c). Exemplarisches Lehren und Lernen. In W. Klafki (Hrsg.), *Reihe Pädagogik. Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (5. Aufl., S. 141–161). Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1996b). Grundlinien kritisch-konstruktiver Didaktik. In W. Klafki (Hrsg.), *Reihe Pädagogik. Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (5. Aufl., S. 83–138). Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1996a). Grundzüge eines Allgemeinbildungskonzepts. Im Zentrum: Epochaltypische Schlüsselprobleme. In W. Klafki (Hrsg.), *Reihe Pädagogik. Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (5. Aufl., S. 43–81). Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1996e). Innere Differenzierung des Unterrichts. In W. Klafki (Hrsg.), *Reihe Pädagogik. Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (5. Aufl., S. 173–208). Weinheim: Beltz.
- Klafki, W. (1996d). Zur Unterrichtsplanung im Sinne kritisch-konstruktiver Didaktik. In W. Klafki (Hrsg.), *Reihe Pädagogik. Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (5. Aufl., S. 251–284). Weinheim: Beltz.
- Kleinknecht, M., Bohl, T., Maier, U. & Metz, K. (2011). Aufgaben und Unterrichtsplanung. In K.-H. Arnold, T. Bohl, & K. Zierer (Hrsg.), *Entwicklung und Weiterentwicklung allgemeindidaktischer Modelle der Unterrichtsplanung. Jahrbuch für Allgemeine Didaktik 2011* (S. 59–75). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Klenowski, V. (2002). *Developing Portfolios for Learning and Assessment*. London: Routledge.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W. [Werner], Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., . . . Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. BMBF.
- Klieme, E., & Hartig, J. (2007). Kompetenzkonzepte in den Sozialwissenschaften und im erziehungswissenschaftlichen Diskurs. In M. Prenzel, I. Gogolin, & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft: Vol. 8.2007. Kompetenzdiagnostik* (S. 11–29). Wiesbaden: VS.
- Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. Janík & T. Seidel (Hrsg.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (S. 137–160). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Klingberg, L. (1973). *Einführung in die allgemeine Didaktik*. Frankfurt a. M.: Athenäum-Fischer-Taschenbuch-Verl.

- Klinger, U., & Bündler, W. (2006). Kompetenzorientierte Unterrichtsplanung. Die Entwicklung einer Kompetenzmatrix auf Grundlage von Bildungsstandards. *Unterricht Chemie*, 17(94/95), 14–19.
- Klosterman, M. L., & Sadler, T. D. (2010). Multi-level Assessment of Scientific Content Knowledge Gains Associated with Socioscientific Issues-based Instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1017–1043.
- Klosterman, M. L., Sadler, T. D., & Brown, J. (2012). Science Teachers' Use of Mass Media to Address Socio-Scientific and Sustainability Issues. *Research in Science Education*, 42(1), 51–74.
- Klüver, J. (1979). Kommunikative Validierung - einige vorbereitende Bemerkungen zum Projekt "Lebensweltanalyse von Fernstudenten. In T. Heinze (Hrsg.), *Theoretische und methodologische Überlegungen zum Typus hermeneutisch-lebensgeschichtlicher Forschung. Werkstattbericht* (S. 69–84). Hagen: Fernuniversität Hagen.
- Köhler, D., Koch, T., Hetzel, M., & Klingner, M. (2019). Stellungnahme zur Gesundheitsgefährdung durch umweltbedingte Luftverschmutzung, insbesondere Feinstaub und Stickstoffverbindungen (NO_x). Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.lungenaerzte-im-netz.de/fileadmin/pdf/Stellungnahme__NOx_und__Feinstaub.pdf
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260.
- Köllner, C. (2019). Köhler-Papier erweist der Stickoxid-Debatte einen Bärendienst. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.springerprofessional.de/stickstoffoxide/emissionen/koehler-papier-erweist-der-stickoxid-debatte-einen-baerendienst/16443526>
- Kolstø, S. D. (2001a). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291–310.
- Kolstø, S. D. (2001b). 'To trust or not to trust,...'-pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877–901.
- Kolstø, S. D. (2006). Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socioscientific Issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689–1716.
- Kolstø, S. D. (2000). Consensus projects: teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22(6), 645–664.
- König, J., Buchholtz, C., & Dohmen, D. (2015). Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 18(2), 375–404.

-
- Kopf, P. (2004). *Ökonomische Analyse naturwissenschaftlicher und politischer Grenzwertsetzung*. Tübingen: Universität Tübingen.
- Köster, J. (2005). Bildungsstandards - eine Zwischenbilanz. *Deutsch Unterricht*, 5, 4–9.
- Krajcik, J., McNeill, K. L., & Reiser, B. J. (2008). Learning-goals-driven design model: Developing curriculum materials that align with national standards and incorporate project-based pedagogy. *Science Education*, 92(1), 1–32.
- Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M., & Neuhaus, B. J. (2019). Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht. *ZfdN*, 25(1), 131–160.
- Kreuzfeldt, M. (2019). Lungenarzt mit Rechenschwäche: Falsche Angaben zu Stickoxid. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://taz.de/Falsche-Angaben-zu-Stickoxid/!5572843/>
- Krippendorff, K. (1980). *Content Analysis. An introduction to its methodology*. London: Sage.
- Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer.
- Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (3., überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Kühne, R. (2013). Kontextspezifikation und Messung. In W. Möhring (Hrsg.), *Handbuch standardisierter Erhebungsverfahren in der Kommunikationswissenschaft* (S. 23–40). Berlin: Springer.
- Kuhn, O. (2010). Spekulative Kommunikation und ihre Stigmatisierung – am Beispiel der Verschwörungstheorien / Speculative Communication and its Stigmatization. The Case of Conspiracy Theories. *Zeitschrift für Soziologie*, 39(2), 106–123.
- Kurtz, C. F., & Snowden, D. J. (2003). The new dynamics of strategy: Sense-making in a complex and complicated world. *IBM Systems Journal*, 42(3), 462–483.
- Kurz, A., Stockhammer, C., Fuchs, S., & Meinhard, D. (2009). Das problemzentrierte Interview. In R. Buber & H. H. Holzmüller (Hrsg.), *Qualitative Marktforschung* (S. 463–475). Wiesbaden: Gabler.
- Lamnek, S. (2014). *Qualitative Sozialforschung* (6. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Lamnek, S., & Krell, C. (2016). *Qualitative Sozialforschung* (6., überarbeitete Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.
- Landesamt für Qualitätssicherung und Informationstechnologie der Lehrerbildung (LAQUILA) (2025). Staatsprüfung für Lehrämter an Schulen Ordnung des Vorbereitungsdiens-tes und der Staatsprüfung für Lehrämter an Schulen vom 10. April 2011 in der jeweils gültigen Fassung. Hinweisefür Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter sowie für Lehrkräfte in

- Ausbildung. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.laquila.nrw.de/system/files/media/document/file/ovp_23_hinweise_fuer_laa_1.pdf
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71–94.
- Lazarus, A. (2004). Reality check: Is your behavior aligned with organizational goals? *The Physician Executive*, 30(5), 50–52.
- Leden, L., Hansson, L., & Redfors, A. (2017). From black and white to shades of grey. *Science & Education*, 26(5), 483–511.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 831–880). Florence: Taylor & Francis.
- Lee, H., Chang, H., Choi, K., Kim, S.-W., & Zeidler, D. L. (2012). Developing Character and Values for Global Citizens: Analysis of pre-service science teachers' moral reasoning on socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34(6), 925–953.
- Lee, H., & Yang, J. (2019). Science Teachers Taking their First Steps toward Teaching Socioscientific Issues through Collaborative Action Research. *Research in Science Education*, 49(1), 51–71.
- Lee, H., Yoo, J., Choi, K., Kim, S.-W., Krajcik, J., Herman, B. C., & Zeidler, D. L. (2013). Socioscientific Issues as a Vehicle for Promoting Character and Values for Global Citizens. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2079–2113.
- Lee, M.-K., & Erdogan, I. (2007). The Effect of Science–Technology–Society Teaching on Students' Attitudes toward Science and Certain Aspects of Creativity. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1315–1327.
- Lee, Y. C. (2007). Developing decision-making skills for socio-scientific issues. *Journal of Biological Education*, 41(4), 170–177.
- Lee, Y. C. (2008). Exploring the Roles and Nature of Science: A case study of severe acute respiratory syndrome. *International Journal of Science Education*, 30(4), 515–541.
- Lee, Y. C., & Grace, M. (2012). Students' reasoning and decision making about a socioscientific issue: A cross-context comparison. *Science Education*, 96(5), 787–807.
- Leisen, J. (2007). Lesen in allen Fächern. In A. Bertschi-Kaufmann (Hrsg.), *Lehren lernen - Basiswissen für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Lesekompetenz, Leseleistung, Leseförderung: Grundlagen, Modelle und Materialien* (S. 189–197). Seelze-Velber: Klett.

-
- Leisen, J. (2010). Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren. *Naturwissenschaften Im Unterricht Physik*, 20(117/118), 101–105.
- Leisen, J. (2014). Wie soll ich meinen Unterricht planen? – Lehr-Lern-Prozesse planen am Beispiel Elektrizitätslehre in Physik. In U. Maier (Hrsg.), *Lehr-Lernprozesse in der Schule: Referendariat* (S. 102–117). Stuttgart: UTB GmbH.
- Leisen, J. (2015). Fachlernen und Sprachlernen! Bringt zusammen, was zusammengehört! *MNU*, 68(3), 132–137.
- Lersch, R. (2010b). Didaktik und Praxis kompetenzfördernden Unterrichts. In K. Faulstich-Christ, R. Lersch, & K. Moegling (Hrsg.), *Kompetenzorientierung in Theorie, Forschung und Praxis: Sekundarstufen I und II* (S. 31–60). Kassel: Prolog-Verlag.
- Lersch, R. (2006). Unterricht zwischen Standardisierung und individueller Förderung. Überlegungen zu einer neuen Lernkultur angesichts der bevorstehenden Einführung von Bildungsstandards. *Die Deutsche Schule*, 98(1), 29–40.
- Lersch, R. (2007). Unterricht und Kompetenzerwerb. In 30 Schritten von der Theorie zur Praxis kompetenzfördernden Unterrichts. *Die Deutsche Schule*, 99(4), 434–446.
- Lersch, R. (2010a). *Wie unterrichtet man Kompetenzen? Didaktik und Praxis kompetenzfördernden Unterrichts*. Wiesbaden: Hessisches Kultusministerium.
- Lersch, R., & Schreder, G. (2013). *Grundlagen kompetenzorientierten Unterrichtens: Von den Bildungsstandards zum Schulcurriculum*. Opladen, Berlin: Budrich.
- Lester, B. T., Ma, L., Lee, O., & Lambert, J. (2006). Social Activism in Elementary Science Education: A science, technology, and society approach to teach global warming. *International Journal of Science Education*, 28(4), 315–339.
- Leuschner, A. (2012). *Die Glaubwürdigkeit der Wissenschaft: Eine wissenschafts- und erkenntnistheoretische Analyse am Beispiel der Klimaforschung*. Science Studies. Bielefeld: transcript.
- Levinson, R. (2006). Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201–1224.
- Levinson, R. (2008). Promoting the role of the personal narrative in teaching controversial socio-scientific issues. *Science & Education*, 17(8-9), 855–871.
- Lewis, S. E., Nyachwaya, J., Kahveci, A., Lawrie, G. A., & Graulich, N. (2022). Insights into the manuscript review process viewed as a constructive journey rather than surviving hurdles. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(1), 7–11.

- Liebmann, B. (2015). Mikroplastik in der Umwelt: Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0550.pdf>
- Liu, S.-Y., Lin, C.-S., & Tsai, C.-C. (2011). College students' scientific epistemological views and thinking patterns in socioscientific decision making. *Science Education*, 95(3), 497–517.
- Liu, S., & Roehrig, G. (2019). Exploring Science Teachers' Argumentation and Personal Epistemology About Global Climate Change. *Research in Science Education*, 49(1), 173–189.
- Lucke, A. (2019). „Fridays for future“: der Kampf um die Empörungshoheit. Wie die junge Generation um ihre Stimme gebracht werden soll. *Blätter für Deutsche Und Internationale Politik*, 64(3), 91–100.
- Lüsse, M., Brockhage, F., Pietzner, V., & Beeken, M. (2021). Nachhaltige Unterrichtsvorschläge zur Stickstoffproblematik. *Chemie in Unserer Zeit*, 55(3), 186–191.
- Mager, R. F. (1977). *Lernziele und Unterricht*. Weinheim: Beltz.
- Malmberg, C., & Ubas, A. (2019). Health in school: stress, individual responsibility and democratic politics. *Cultural Studies of Science Education*, 14(4), 863–878.
- Marks, R., & Eilks, I. (2009). Promoting scientific literacy using a sociocritical and problem-oriented approach to chemistry teaching: Concept, examples, experiences. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 231–245.
- Marniok, K. (2018). *Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie*. Berlin: Logos.
- Massing, P. (2012). Politisches Handeln – Versuch einer Begriffsklärung. In G. Weißenö (Hrsg.), *Politisch handeln: Modelle, Möglichkeiten, Kompetenzen* (S. 257–270). Bonn: bpb.
- Massing, P. (2013). WIE KANN DIE POLITISCHE HANDLUNGSFÄHIGKEIT DER LERNENDEN GEFÖRDERT WERDEN? In S. Frech & D. Richter (Hrsg.), *Didaktische Reihe. Politische Kompetenzen fördern* (S. 60–77). Schwalbach/Ts.: Wochenschau-Verl.
- Mattes, W. (2002). *Methoden für den Unterricht: 75 kompakte Übersichten für Lehrende und Lernende*. Paderborn: Schöningh.
- May, M. (2011). Kompetenzorientiert unterrichten – Anforderungssituationen als didaktisches Zentrum politisch-sozialwissenschaftlichen Unterrichts. *Gesellschaft, Wirtschaft, Politik*, 60(1), 123–134.
- Mayer, H. O. (2004). *Handlungsorientiertes Lernen und eLearning: Grundlagen und Praxisbeispiele*. München: Oldenbourg.

-
- Mayntz, R., Holm, K., & Hübner, P. (1974). *Einführung in die Methoden der empirischen Soziologie*. Köln: Westdt. Verl.
- Mayring, P. (2015b). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (5. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2015a). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (11. Aufl., S. 468–475). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence". *The American Psychologist*, 28(1), 1–14.
- McComas, W. F. (2014). *The language of science education: An expanded glossary of key terms and concepts in science teaching and learning*. Rotterdam: Sense Publishers. Abgerufen am 20.02.2026 von <http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1636912>
- Menekse, M., & Chi, M. T. H. (2019). The role of collaborative interactions versus individual construction on students' learning of engineering concepts. *European Journal of Engineering Education*, 44(5), 702–725.
- Menekse, M., Stump, G. S., Krause, S., & Chi, M. T. H. (2013). Differentiated Overt Learning Activities for Effective Instruction in Engineering Classrooms. *Journal of Engineering Education*, 102(3), 346–374.
- Merton, R. K., & Kendall, P. (1956). *The focussed interviews*. Gelnco: Free Press.
- Meyer, H. (1976). *Trainingsprogramm zur Lernzielanalyse* (5., durchges. Aufl.). Frankfurt a. M.: Athenäum-Fischer-Taschenbuch-Verl.
- Meyer, H. (1989). *Unterrichtsmethoden: II. Praxisband* (2. Auflage). Frankfurt a. M.: Scriptor.
- Meyer, H. (2007). *Leitfaden Unterrichtsvorbereitung*. Berlin: Cornelsen.
- Meyer, U. (2000). Politische Sozialisation. In U. Andersen & W. Woyke (Hrsg.), *Handwörterbuch des politischen Systems der Bundesrepublik Deutschland* (4. Aufl., S. 498–500). Wiesbaden: Springer.
- Ministerium für Schule und Bildung NRW (MSB NRW) (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen Chemie. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/198/g9_ch_klp_%203415_2019_06_23.pdf

- Ministerium für Schule und Bildung NRW (MSB NRW) (2020). Referenzrahmen Schulqualität NRW: Schule in NRW Nr. 9051. Abgerufen am 20.02.2026 von https://referenzrahmen-schulqualitaet.nrw.de/system/files/media/document/file/broschuere_1.pdf
- Ministerium für Schule und Bildung NRW (MSB NRW) (2022). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Chemie. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/326/gost_klp_ch_2022_06_07.pdf
- Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSWF NRW) (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Abgerufen am 20.02.2026 von http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ch/KLP_GOSt_Chemie.pdf
- Möhlendick, B., & Kreitsch, T. (2018). SmartCity Cologne - Energiewende in Köln gestalten: mit strategischem Blick. In L. Heuser & E. Hertzsch (Hrsg.), *Beuth Innovation. Mensch und Technik in der Smart City* (S. 45–55). Berlin: Beuth.
- Mohr, H. (1989). Verfügungswissen und Orientierungswissen: Die Verantwortung des Wissenschaftlers. *MNU*, 42(4), 200–206.
- Morina-Dershimer, G. (1979). TEACHER PLAN AND CLASSROOM REALITY: THE SOUTH BAY STUDI, PART IV. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://edwp.educ.msu.edu/research/wp-content/uploads/sites/10/2020/11/rs060.pdf>
- Mortimer, C. E., & Müller, U. (2014). *Chemie: Das Basiswissen der Chemie* (11., vollst. überarb. Aufl.). Stuttgart: Thieme.
- Moser, S. (2008). *Beteiligt sein. Partizipation aus der Sicht von Jugendlichen* (1. Auflage). VS.
- Müller, M., & Niebert, K. (2017). Verantwortung im Anthropozän. In G. Michelsen (Hrsg.), *forum blz. Die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie: Wegweiser für eine Politik der Nachhaltigkeit* (2. Aufl., S. 55–70). Wiesbaden: Hessische Landeszentrale für politische Bildung.
- Müller, S. (2021). *Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse: Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung*. Berlin: Logos.
- Nehring, A., & Lüttgens, U. (2019). Die Tagungsmethode. *Naturwissenschaften Im Unterricht Chemie*, 30(6), 14–19.
- Nies, E. (2020). Kosten-Nutzen-Analysen bei der Grenzwertsetzung für krebserzeugende Arbeitsstoffe – Betrachtungen zur Risikopolitik/Use of cost-benefit analyses for the setting of limits

-
- for carcinogenic workplace substances: reflections on risk policy: Reflections on risk policy. *Gefahrstoffe*, 80(07-08), 272–280.
- Nunez-Eddy, E., Wang, X., & Chen, Y. (2018). Engaging in argumentation: Strategies for early elementary and English language learners. *Science & Children*, 56(2), 51–59.
- OECD (2023a). *PISA 2022 Results (Volume I)*. OECD.
- OECD (2023b). *PISA 2022 Results (Volume II)*. OECD.
- OECD (1999). *Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment*. Paris: OECD.
- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD.
- Oelkers, J. (2007). Bildungsstandards am Gymnasium - ein neues Problem? In P. Labudde (Hrsg.), *Bildungsstandards am Gymnasium: Korsett oder Katalysator?* (S. 27–36). Bern: h.e.p. Verl.
- Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO) (2005). *The precautionary principle: World commission on the ethics of scientific knowledge and technology*. Paris: UNESCO.
- Osborne, J. (1997). *Science education for the future—the road ahead?* Rome: ESERA.
- Osborne, J. (2023). Science, Scientific Literacy, and Science Education. In N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 785–816). New York: Routledge.
- Oser, F., Ullrich, M., & Biedermann, H. (2000). *Literaturbericht und Vorschläge für eine empirische Untersuchung im Rahmen des Projekts "Education à la Citoyenneté Démocratique (ECD)" des Europarats*. Fribourg: Departement Erziehungswissenschaften der Universität Fribourg.
- Oulton, C., Dillon, J., & Grace, M. M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education*, 26(4), 411–423.
- Pateman, C. (1970). *Participation and democratic theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pedretti, E. (1999). Decision Making and STS Education: Exploring Scientific Knowledge and Social Responsibility in Schools and Science Centers Through an Issues-Based Approach. *School Science and Mathematics*, 99(4), 174–181.
- Pedretti, E. G., Bencze, L., Hewitt, J., Romkey, L., & Jivraj, A. (2008). Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology. *Science & Education*, 17(8-9), 941–960.
- Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., . . . Gerdt, G. (2018). Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. *Nature Communications*, 9(1), 1505.

- Pella, M. O., O'hearn, G. T., & Gale, C. W. (1966). Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 4(3), 199–208.
- Peterßen, W. H. (2006). *Handbuch Unterrichtsplanung: Grundfragen, Modelle, Stufen, Dimensionen* (9., aktualisierte und überarb. Aufl., [Nachdr.]). München: Oldenbourg.
- Pietrocola, M., Rodrigues, E., Bercot, F., & Schnorr, S. (2020). Risk Society and Science Education: Lessons from the Covid-19 Pandemic. *Science & Education*, 1–25.
- Pitipornatapin, S., & Topcu, M. S. (2016). Teaching based on socioscientific issues in science classrooms: A review study. *KKU International Journal of Humanities and Social Sciences*, 6(1), 119–136.
- Pitipornatapin, S., Yutakom, N., & Sadler, T. D. (2016). Thai pre-service science teachers' struggles in using Socio-scientific Issues (SSIs) during practicum. *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching*, 17(2), 1–20.
- Planungstagung Chemie der Bezirksregierungen Düsseldorf und Köln (2010). Methodenbox für den Chemieunterricht. Erläuterungen und Beispiele bewährter Methoden. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/2560>
- Plöger, W. (2008). *Unterrichtsplanung: Ein Lehr- und Arbeitsbuch für Studium und Seminar*. Köln: KSV Kölner Studien Verl.
- Pope, T. C. (2017). Socioscientific Issues: A Framework for Teaching Ethics Through Controversial Issues in Science. *TEACH Journal of Christian Education*, 11(2).
- Porst, R. (2014). *Fragebogen: Ein Arbeitsbuch* (4., erweiterte Auflage). *Lehrbuch*. Wiesbaden: Springer.
- Powell, W. A. (2021). *Advances in Educational Technologies and Instructional Design. Socioscientific Issues-Based Instruction for Scientific Literacy Development*. Hershey, Pennsylvania, USA: Information Science Reference; IGI Global.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., . . . Schiefele, U. (2005). PISA 2003: Ergebnisse des zweiten Ländervergleichs Zusammenfassung. Abgerufen am 20.02.2026 von https://archiv.ipn.uni-kiel.de/PISA/PISA2003_E_Zusammenfassung.pdf
- Rafolt, S. (2021). A Teacher's Perspective on Socioscientific Issues. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Hrsg.), *Contributions from Science Education Research. Science, Environment, Health* (Vol. 10, S. 149–179). Cham: Springer International Publishing.
- Ragin, C. C. (1994). *Constructing Social Research*. Thousand Oaks, London, New Dehli: Pine Forge Press.

-
- Levinson, R., Turner, S., Koulouris, P., Desli, D., Douglas, A., Evans, J. & Kirton, A. (2001). *The teaching of social and ethical issues in the school curriculum, arising from developments in biomedical research: a research study of teachers*.
- Ramsperger, A. F. R. M., Jasinski, J., Völkl, M., Witzmann, T., Meinhart, M., Jérôme, V., . . . Laforsch, C. (2022). Supposedly identical microplastic particles substantially differ in their material properties influencing particle-cell interactions and cellular responses. *Journal of Hazardous Materials*, 425, 127961.
- Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19(2), 167–182.
- Ravitch, D. (1995). *National Standards in American Education. A citizens guide*. Washington DC: Brookings.
- Reich, K. (2017). Unterrichtsmethoden im konstruktiven und systemischen Methodenpool. Lehren, Lernen, Methoden für alle Bereiche didaktischen Handelns. Abgerufen am 20.02.2026 von <http://methodenpool.uni-koeln.de/>
- Reiners, Ch. S. (1994). *Zur Konzeption einer methodologisch-kritischen Chemiedidaktik*. Würzburg: Königshausen und Neumann.
- Reiners, Ch. S. (2022). *Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen* (2. erweiterte Auflage). *Lehrbuch*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Reiners, Ch. S. (1989). Ziele einer didaktischen Konzeption. In Ch. S. Reiners & H. Wambach (Hrsg.), *Naturwissenschaften und Unterricht. Chemiedidaktik in der Unterrichtspraxis. Festschrift zum 65. Geburtstag von Hans Otto Hammer* (S. 13–32). Essen: Westarp.
- Reiners, Ch. S., & Adesokan, A. (2018). Inklusion im Chemieunterricht. In K. A. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (2. Aufl., S. 722–736). Seelze: Aulis.
- Reis, P., & Galvão, C. (2004). The Impact of Socio-Scientific Controversies in Portuguese Natural Science Teachers' Conceptions and Practices. *Research in Science Education*, 34(2), 153–171.
- Renn, L. (1959). *Ludwig Renn zum 70. Geburtstag*. Berlin: Aufbau.
- Renn, O. (1992). Concepts of risk: A classification. In S. Krimsky & D. Golding (Hrsg.), *Social theories of risk* (S. 53–79). Westport.: Praeger.
- Renn, O. (2002). Vorsorge als Prinzip: Besser in der Vorsicht irren als im Wagemut. *GALA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 11(1), 44–45.
- Reusser, K. (2014). Kompetenzorientierung als Leitbegriff der Didaktik. *Beiträge Zur Lehrerinnen- Und Lehrerbildung*, 32(3), 325–339.

- Richter, A. (2011). Portfolios im universitären Kontext: Wann, wo, wie? In I. Brunner, T. Häcker, & F. Winter (Hrsg.), *Das Handbuch Portfolioarbeit: Konzepte, Anregungen, Erfahrungen aus Schule und Lehrerbildung* (4. Aufl., S. 234–241). Seelze-Velber: Kallmeyer bei Friedrich.
- Riedel, E., & Janiak, C. (2011). *Anorganische Chemie* (8. Aufl.). Berlin: De Gruyter.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy/ Science Literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 729–780). Florence: Taylor & Francis Group.
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II*. Routledge.
- Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., . . . Hung, C. (2019). Re-thinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 703–711.
- Rolf, M., Laermanns, H., Kienzler, L., Pohl, C., Möller, J. N., Laforsch, C., . . . Bogner, C. (2022). Flooding frequency and floodplain topography determine abundance of microplastics in an alluvial Rhine soil. *The Science of the Total Environment*, 836, 155141.
- Rost, J. (2006). Kompetenzstrukturen und Kompetenzmessung. *Praxis Der Naturwissenschaften - Chemie in Der Schule*, 55(8), 5–8.
- Roth, R. (2023). Partizipation in der repräsentativen Demokratie – revisited. In S. Achour & T. Gill (Hrsg.), *Partizipation und politische Teilhabe mit allen: Auftrag politischer Bildung* (S. 15–25). Frankfurt am Main: Wochenschau Verlag.
- Roth, W.-M., & Désautels, J. (2004). Educating for citizenship: Reappraising the role of science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(2), 149–168.
- Rothland, M. (2022). Anmerkungen zur Modellierung und Operationalisierung (allgemeindidaktischer) Unterrichtsplanungskompetenz. *Unterrichtswissenschaft*, 50(3), 347–372.
- Rychen, D. S. (2008). OECD Referenzrahmen für Schlüsselkompetenzen — ein Überblick. In I. Bormann & G. de Haan (Hrsg.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde* (S. 15–22). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2003). *Key competencies for a successful life and a well functioning society*. Cambridge: Hogrefe & Huber.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2005). *Definition and selection of key competencies: Executive summary*. Göttingen: Hogrefe.

-
- Sachsse, H. (1979). *Kausalität - Gesetzlichkeit - Wahrscheinlichkeit: Die Geschichte von Grundkategorien zur Auseinandersetzung der Menschen mit der Welt*. Darmstadt: Wissenschaftl. Buchgesellschaft.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1–42.
- Sadler, T. D., Amirshokoochi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353–376.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371–391.
- Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387–409.
- Sadler, T. D., Foulk, J. A., & Friedrichsen, P. J. (2017). Evolution of a Model for Socio-Scientific Issue Teaching and Learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 75.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909–921.
- Sampson, V., Simon, S., Amos, R., & Evagorou, M. (2011). Metalogue: Engaging Students in Scientific and Socio-scientific Argumentation. In T. D. Sadler (Hrsg.), *Contemporary Trends and Issues in Science Education: volume 39. Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (Vol. 39, S. 193–199). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Sander, W. (2014). Geschichte der politischen Bildung. In W. Sander (Hrsg.), *Reihe Politik und Bildung: Bd. 69. Handbuch politische Bildung* (4. Aufl., S. 15–30). Schwalbach/Ts: Wochenschau-Verl.
- Sandfuchs, U. (2009). Grundfragen der Unterrichtsplanung. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs, & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (2. Aufl., S. 512–519). Stuttgart: UTB.
- Saunders, K. J., & Rennie, L. J. (2013). A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues in Science. *Research in Science Education*, 43(1), 253–274.
- Schecker, H., Parchmann, I., & Krüger, D. (2014). Formate und Methoden naturwissenschaftlicher Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung* (S. 1-15). Berlin: Springer.

- Schenk, L., Hamza, K. M., Enghag, M., Lundegård, I., Arvanitis, L., Haglund, K., & Wojcik, A. (2019). Teaching and discussing about risk: seven elements of potential significance for science education. *International Journal of Science Education*, 41(9), 1271–1286.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., & Neumann, K. (2019). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2018 – aktueller Stand, Veränderungen und Implikationen für die naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland. In O. Köller, E. Klieme, K. Reiss, & M. Weis (Hrsg.), *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich* (S. 211–240). Münster: Waxmann.
- Schmidkunz, H., & Lindemann, H. (1995). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren: Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (4., unveränderte Auflage). Magdeburg: Westarp Wissenschaften.
- Schnabel, U. (2019). Stickoxid-Grenzwerte: Die Fachleute blieben unsichtbar. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.zeit.de/2019/07/stickoxid-grenzwerte-niederlage-wissenschaft-erkenntnisse-schadstoffe-gesundheit>
- Schnurr, S. (2001). Partizipation. In H.-U. Otto, H. Thiersch, & K. Böllert (Hrsg.), *Handbuch Sozialarbeit, Sozialpädagogik* (2. Aufl., S. 1330–1345). Neuwied: Luchterhand.
- Schönauer, A.-L., Schwieger, M., Schubert, K., & Prystav, F. (2013). Perspektiven auf Industrie in Deutschland. Tagung am 10. Juni 2013 im Veranstaltungszentrum der Ruhr-Universität Bochum. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.research-school.rub.de/fileadmin/user_upload/About/EVONIK/recon_magazin_32.pdf
- Schröder, J., Riese, J., Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., . . . Schecker, H. (2020). Die Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik mit Hilfe eines standardisierten Performanztests. *ZfdN*, 26(1), 103–122.
- Schulenburg, J., & Nida-Rümelin, J. (2013). Risikobeurteilung/Risikoethik. In A. Grunwald & M. Simonidis-Puschmann (Hrsg.), *Handbuch Technikethik* (S. 223–227). Stuttgart: J.B. Metzler.
- Schulz, H., Karrasch, S., Bölke, G., Cyrus, J., Hornberg, C., Pickford, R., . . . Hoffmann, B. (2018). *Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit: Positionspapier Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.* Berlin: Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/a-0882-9366.pdf>
- Schumacher, A. (2015). *Paving the way towards "authentic chemistry teaching": A contribution to teachers' professional development*. Berlin: Logos-Verl.
- Schumann, U., & Huntrieser, H. (2007). The global lightning-induced nitrogen oxides source. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7(14), 3823–3907.

- Schütze, F. (1978). Was ist "kommunikative Sozialforschung"? In A. Gärtner & S. Hering (Hrsg.), *Modellversuch "Soziale Studiengänge an der GH Kassel* (S. 117–131). Kassel: Gesamthochschulbibliothek.
- Schwabl, P., Liebmann, B., Köppel, S., Reiberger, T., Königshofer, P., Bucsics, T., & Trauner, M. (2018). Assessment of microplastic concentrations in human stool. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/aktuelles/2018/ueg_week_2018_philipp_schwabl_microplastics.pdf
- Schwanitz, D. (1999). *Bildung. Alles, was man wissen muß*. Frankfurt: Eichborn.
- Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205–236.
- Schymanski, D. (2019). Mikroplastik: die Geister, die wir riefen. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 14(1), 1–3.
- Scorza, C., Lesch, H., Strähle, M., Boneberg, D., Danin, D., Nielbock, M., & Fischer, O. & Strähle, F. (2019). Der Klimawandel: verstehen und handeln: Ein interdisziplinäres Schulprojekt. Mit Experimenten im Klimakoffer. Handbuch. Version September 2019. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.haus-der-astronomie.de/3812201/Klimakoffer_Handbuch-Klimawandel.pdf
- Seel, A. (2011). Wie angehende Lehrer/innen das Planen lernen. In K.-H. Arnold, T. Bohl, & K. Zierer (Hrsg.), *Entwicklung und Weiterentwicklung allgemeindidaktischer Modelle der Unterrichtsplanung. Jahrbuch für Allgemeine Didaktik 2011* (S. 31–45). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Seiler, F. (2021). *Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie*. Berlin: Logos.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004/2019). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019). Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschlusse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Wolters.

- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2008/2019). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019). Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020)*. Köln: Carl Link. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2024). Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Chemie (MSA). Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-WeBiS_Chemie_MSA.pdf
- Sellnow, R. (2002). Erste deutsche "Konsensus-Konferenz" zum Thema: "Streitfall Gendiagnostik". In Stiftung Mitarbeit (Hrsg.), *Rundbrief Bürgerbeteiligung I/ 2002* (S. 10–18). Bonn.
- Shaklee, B. D., Barbour, N. E., Ambrose, R., & Hansford, S. (1997). *Designing and Using Portfolios*. Boston: Allyn & bacon.
- Shamos, M. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick: Rutgers.
- Sharon, A. J., & Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life? *Science Education*, 104(5), 873–894.
- Shen, B. S. P. (1975). Science literacy and the public understanding of science. In S. B. Day (Hrsg.), *Communication of scientific information* (S. 44–52). Basel: Karger.
- Shoulders, C. W., & Myers, B. E. (2013). Socioscientific Issues-based Instruction: An Investigation of Agriscience Students' Content Knowledge based on Student Variables. *Journal of Agricultural Education*, 54(3), 140–156.
- SHULMAN, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Siarova, H., Sternadel, D., & Szőnyi, E. (2019). *Research for CULT Committee: Science and scientific literacy as an educational challenge*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Simman, J. (2019). Grenzwertige Verwirrungen. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2019-01/luftqualitaet-luftverschmutzung->

-
- Simonneaux, J., & Simonneaux, L. (2012). Educational Configurations for Teaching Environmental Socioscientific Issues Within The Perspective of Sustainability. *Research in Science Education*, 42(1), 75–94.
- Simonneaux, L., & Simonneaux, J. (2009). Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development. *Cultural Studies of Science Education*, 4(3), 657–687.
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second thoughts. In S. Sjøberg & E. Kallerud (Hrsg.), *Rapport: 7/97. Science, technology, and citizenship: The public understanding of science and technology in science education and research policy* (S. 9–28). Oslo: NIFU, Norsk institutt for studier av forskning og utdanning.
- Sjöström, J., & Eilks, I. (2017). Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. In Y. J. Dori, Z. R. Mevarech, & D. R. Baker (Hrsg.), *Innovations in Science Education and Technology Ser: v.24. Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education: Learning, Teaching and Assessment* (Vol. 24, S. 65–88). Cham: Springer.
- Sjöström, J., Eilks, I., & Zuin, V. G. (2016). Towards Eco-reflexive Science Education. *Science & Education*, 25(3-4), 321–341.
- Soentgen, J., & Bilandzic, H. (2014). The Structure of Climate Skeptical Arguments. Conspiracy Theory as a Critique of Science Die Struktur klimaskeptischer Argumente. Verschwörungstheorie als Wissenschaftskritik. *GALA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 23(1), 40–47.
- Solomon, J. (2003). Risk: Why Don't They Listen to Us? *Studies in Science Education*, 39(1), 125–142.
- Solomon, K. R. (1996). Overview of recent developments in ecotoxicological risk assessment. *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 16(5), 627–633.
- Somborn-Schulz, A. (2022). Mikroplastik. In M. Porth & H. Schüttrumpf (Hrsg.), *Wasser, Energie und Umwelt* (S. 549–556). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Sommer, K. (2018). Unterrichtskonzeptionen und Unterrichtsverfahren. In K. A. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (2. Aufl., S. 262–301). Seelze: Aulis.
- Sommer, K. A., Wambach-Laicher, J., & Pfeifer, P. (Hrsg.) (2018). *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (2. Auflage). Seelze: Aulis.
- Sperling, E. (2009). 'More than particle theory': Action-oriented citizenship through science education in a school setting. *Journal of Activist Science & Technology Education*, 1(2), 12–30.
- Spillane, J. P., Reiser, B. J., & Reimer, T. (2002). Policy Implementation and Cognition: Reframing and Refocusing Implementation Research. *Review of Educational Research*, 72(3), 387–431.

- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien, New York: Springer.
- Stange, W. (o. J.). Was ist Partizipation? Definitionen – Systematisierungen. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.spielmobil-bayreuth.de/wp-content/uploads/2016/06/Bau-stein_A_1_1partizipation-dkhw.pdf
- Stange, W., & Tiemann, D. (1999). Alltagsdemokratie und Partizipation: Kinder vertreten ihre Interessen in der Kindertagesstätte, Schule, Jugendarbeit und Kommune. In H.-J. Glinka (Hrsg.), *Materialien zum Zehnten Kinder- und Jugendbericht / Sachverständigenkommission Zehnter Kinder- und Jugendbericht (Hrsg.): Vol. 3. Kulturelle und politische Partizipation von Kindern: Interessenvertretung und Kulturarbeit für und durch Kinder* (S. 211–331). München: DJI.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., . . . Sörlin, S. (2015). Sustainability. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science (New York, N.Y.)*, 347(6223), 1259855.
- Steiner, C. (2019). Mikroplastik: Was ist es und was können wir tun? (Christoph Steiner – Science Slam). Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.youtube.com/watch?v=Zqzihe3MAs4>
- Steinke, I. (2015). Gütekriterien qualitativer Forschung. In U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (11. Aufl., S. 319–331). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Stender, A., Brückmann, M., & Neumann, K. (2017). Transformation of topic-specific professional knowledge into personal pedagogical content knowledge through lesson planning. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1690–1714.
- Stern, P. C. (2000). New Environmental Theories: Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. *Journal of Social Issues*, 56(3), 407–424.
- Stern, P. C., & Fineberg, H. V. (1996). *Understanding risk: Informing decisions in a democratic society*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Stolz, M., Witteck, T., Marks, R., & Eilks, I. (2013). Reflecting Socio-Scientific Issues for Science Education Coming from the Case of Curriculum Development on Doping in Chemistry Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 9(4).
- Stöven, K., Jacobs, F., & Schnug, E. (2015). Mikroplastik: Ein selbstverschuldetes Umweltproblem im Plastikzeitalter. *Journal für Kulturpflanzen*, 67(7), 241–250.
- Strietholt, R., & Terhart, E. (2009). Referendare beurteilen. Eine explorative Analyse von Beurteilungsinstrumenten in der Zweiten Phase der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 55.

- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of ‘relevance’ in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1–34.
- Stumpf, K. (1979). Das Lernen mit Medien. *Der Chemieunterricht*, 10(1), 6–24.
- Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2018). Bildungsstandards und Kompetenzbereiche. In K. A. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (2. Aufl., S. 89–108). Seelze: Aulis.
- Tal, R., & Hochberg, N. (2003). Assessing high order thinking of students participating in the “wise” project in Israel. *Studies in Educational Evaluation*, 29(2), 69–89.
- Tal, T., & Kedmi, Y. (2007). Teaching socioscientific issues: classroom culture and students’ performances. *Cultural Studies of Science Education*, 1(4), 615–644.
- Tebrügge, A. (2001). *Unterrichtsplanung zwischen didaktischen Ansprüchen und alltäglicher Berufs Anforderung: Eine empirische Studie zum Planungs Handeln von Lehrerinnen und Lehrern in den Fächern Deutsch, Mathematik und Chemie*. Frankfurt am Main: Lang.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., . . . Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *ZfdN*, 18, 7–28.
- Terhart, E. (2009a). Allgemeine Didaktik: Traditionen, Neuanfänge, Herausforderungen. In M. A. Meyer, M. Prenzel, & S. Hellekamps (Hrsg.), *Perspektiven der Didaktik* (S. 13–34). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Terhart, E. (2009b). Methodik des Unterrichts. In C. Hof, T. Fuhr, W. Wittenbruch, S. Hellekamps, W. Plöger, P. Gonon, . . . P. Gonon (Hrsg.), *Schöningh and Fink Social Sciences E-Books Online, Collection 2007-2017, ISBN: Vol. 2. Handbuch der Erziehungswissenschaft: A Band II: Teilband 1: Schule. Teilband 2: Erwachsenenbildung/Weiterbildung* (S. 351–366). Paderborn: Schöningh.
- Theyßen, H. (2014). Methodik von Vergleichsstudien zur Wirkung von Unterrichtsmedien. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschafts didaktischen Forschung* (S. 67–79). Berlin: Springer.
- Thomas, G., & Durant, J. (1987). Why should we promote the public understanding of science. *Scientific Literacy Papers*, 1, 1–14.
- Tidemand, S., & Nielsen, J. A. (2017). The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39(1), 44–61.

- Tiemann, R., & Körbs, C. (2014). Die Fragebogenmethode, ein Klassiker der empirischen didaktischen Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 283–295). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Topcu, M. S., Sadler, T. D., & Yilmaz-Tuzun, O. (2010). Preservice Science Teachers' Informal Reasoning about Socioscientific Issues: The influence of issue context. *International Journal of Science Education*, 32(18), 2475–2495.
- Tyler, R. W. (2013). *Basic principles of curriculum and instruction: (Original work published 1949)*. Chicago, London: The University of Chicago Press.
- Tytler, R. (2012). Socio-Scientific Issues, Sustainability and Science Education. *Research in Science Education*, 42(1), 155–163.
- Umweltbundesamt (2019). Häufig gestellte Fragen (FAQ) zum Thema Stickstoffdioxid: Gesundheitliche Bedeutung und die Rolle von Grenzwerten. Abgerufen am 20.02.2026 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/faq_stickstoffdioxid-grenzwerte.pdf
- Van Cauwenberghe, L., & Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 193, 65–70.
- Van der Zande, P., Akkerman, S. F., Brekelmans, M., Waarlo, A. J., & Vermunt, J. D. (2012). Expertise for Teaching Biology Situated in the Context of Genetic Testing. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1741–1767.
- Vaughn, S., Klingner, J. K., & Bryant, D. P. (2001). Collaborative Strategic Reading as a Means to Enhance Peer-Mediated Instruction for Reading Comprehension and Content-Area Learning. *Remedial and Special Education*, 22(2), 66–74.
- Vázquez-Bernal, B., Mellado, V., Jiménez-Pérez, R., & Leñero, M. C. T. (2012). The process of change in a science teacher's professional development: A case study based on the types of problems in the classroom. *Science Education*, 96(2), 337–363.
- Velica, I. (2010). Lernziele und deren Bedeutung im Unterricht. *Neue Didaktik* 2, 10-24.
- Vereinte Nationen (2016). Übereinkommen von Paris: Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen: L 282/4. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016D1841&from=EN>
- Viehöver, W. (2012). Öffentliche Erzählungen und der globale Wandel des Klimas. In M. Arnold, G. Dressel, & W. Viehöver (Hrsg.), *Erzählungen im Öffentlichen: Über die Wirkung narrativer Diskurse* (S. 173–215). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Vilmar, F. (1986). Partizipation. In W. W. Mickel (Hrsg.), *Handlexikon zur Politikwissenschaft* (S. 339–344). Bonn: bpb.
- Vogelsang, C., & Riese, J. (2017). Wann ist eine Unterrichtsplanung "gut"? - Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In S. Wernke & K. Zierer (Hrsg.), *Die Unterrichtsplanung: ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Status Quo und Perspektiven aus Sicht der empirischen Forschung* (S. 47–61). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Vosniadou, S., Lawson, M. J., Bodner, E., Stephenson, H., Jeffries, D., & Ngurah Darmawan, I. G. (2023). Using an extended ICAP-based coding guide as a framework for the analysis of classroom observations. *Teaching and Teacher Education*, 128.
- Wade, R. C., & Yarbrough, D. B. (1996). Portfolios: A tool for reflective thinking in teacher education? *Teaching and Teacher Education*, 12(1), 63–79.
- Wahl, D. (2006). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten: Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln* (2., erw. Aufl. mit Methodensammlung). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Walker, K. A., & Zeidler, D. L. (2007). Promoting Discourse about Socioscientific Issues through Scaffolded Inquiry. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1387–1410.
- Wambach, H., & Wambach-Laicher, J. (2018). 12.1 Kategorien von Unterricht. In K. A. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (2. Aufl., S. 320–350). Seelze: Aulis.
- Wehling, H.-G. (1977). Konsens á la Beutelsbach? In S. Schiele & H. Schneider (Hrsg.), *Anmerkungen und Argumente zur historischen und politischen Bildung: Das Konsensproblem in der politischen Bildung* (S. 173–184). Stuttgart: Klett.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Beltz Pädagogik. Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- Weingart, P. (2001). *Die Stunde der Wahrheit? Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und Medien in der Wissensgesellschaft* (1. Aufl.). Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Weingart, P., Engels, A., & Pansegrau, P. (2002). *Von der Hypothese zur Katastrophe: Der anthropogene Klimawandel im Diskurs zwischen Wissenschaft, Politik und Massenmedien*. Opladen: Leske + Budrich.
- Weingarten, J. (2019). *Wie planen angehende Lehrkräfte ihren Unterricht? Empirische Analysen zur kompetenzorientierten Gestaltung von Lernangeboten*. Münster: Waxmann.
- Wentorf, W., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *ZfdN*, 21(1), 207–222.

- Werner, J., Wernke, S., & Zierer, K. (2017). Der Einfluss didaktischer Modelle auf die allgemein-didaktische Unterrichtsplanungskompetenz von Lehramtsstudierenden. In S. Wernke & K. Zierer (Hrsg.), *Die Unterrichtsplanung: ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Status Quo und Perspektiven aus Sicht der empirischen Forschung* (S. 104–120). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Wiater, W. (2009). Didaktische Theoriemodelle und Unterrichtsplanung. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs, & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (2. Aufl., S. 505–512). Stuttgart: UTB.
- Wicenec, C. (2000). *Grenzwerte: Umweltschutz-Instrumente mit Zukunft? IW-Umwelt-Service Themen: Vol. 2000,1*. Köln: Dt. Inst.-Verl.
- Widmaier, B., & Zorn, P. (2016). *Schriftenreihe / Bundeszentrale für Politische Bildung: Band 1793. Brauchen wir den Beutelsbacher Konsens? Eine Debatte der politischen Bildung*. Bonn: bpb.
- Wiedemann, P. M. (1998). Grenzwerte im Spannungsfeld zwischen intuitiver Toxikologie und “Risk Stories”—Wie lassen sich Konflikte um Grenzwerte heilen? In P. Janich, P. C. Thieme, & N. Psarros (Hrsg.), *Chemische Grenzwerte* (S. 7–24). Weinheim: VCH.
- Witzel, A. (1982). *Verfahren der qualitativen Sozialforschung: Überblick und Alternativen*. Frankfurt: Campus Verlag.
- Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), *Qualitative Forschung in der Psychologie: Grundfragen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder*. Weinheim: Beltz.
- Witzel, A., & Reiter, H. (2012). *The problem-centred interview: Principles and practice*. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage.
- Wolfensberger, B., Piniel, J., Canella, C., & Kyburz-Graber, R. (2010). The challenge of involvement in reflective teaching: Three case studies from a teacher education project on conducting classroom discussions on socio-scientific issues. *Teaching and Teacher Education*, 26(3), 714–721.
- Wolff, S. (2015). Dokumenten- und Aktenanalyse. In U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (11. Aufl., S. 502–513). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Woyke, W. (2021). Politische Partizipation. In U. Andersen, J. Bogumil, S. Marschall, & W. Woyke (Hrsg.), *Springer Reference. Handwörterbuch des politischen Systems der Bundesrepublik Deutschland* (8. Aufl., S. 749–754). Wiesbaden: VS.
- Wu, Y.-T., & Tsai, C.-C. (2007). High School Students’ Informal Reasoning on a Socio-scientific Issue: Qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1163–1187.

-
- Yadav, A., Lundeberg, M., DeSchryver, M., Kirkin, K., Schiller, N. A., Maier, K., & Herreid, C. F. (2007). Teaching science with case studies: A national survey of faculty perceptions of the benefits and challenges of using cases. *Journal of College Science Teaching*, 37, 34–38.
- Yager, S. O., Yager, R. E., & Lim, G. (2006). The Advantages of an STS Approach Over a Typical Textbook Dominated Approach in Middle School Science. *School Science and Mathematics*, 106(5), 248–260.
- Yakob, N., Yunus, H. M., & May, C. Y. (2015). Knowledge and Practices in Teaching Socio-scientific Issues Among Malaysian Primary School Science Teachers. *US-China Education Review a*, 5(9).
- Zaragoza, A., Seidel, T., & Hiebert, J. (2021). Exploring preservice teachers' abilities to connect professional knowledge with lesson planning and observation. *European Journal of Teacher Education*, 1–20.
- Zeidler, D., & Sadler, T. D. (2011). An inclusive view of scientific literacy: Core issues and future directions of socioscientific reasoning. In C. Linder, L. Ostmann, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson, & A. MacKinnon (Hrsg.), *Teaching and Learning in Science Ser. Exploring the Landscape of Scientific Literacy* (S. 176–192). London: Routledge.
- Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II*. Routledge.
- Zeidler, D. L., Applebaum, S. M., & Sadler, T. D. (2011). Enacting a Socioscientific Issues Classroom: Transformative Transformations. In T. D. Sadler (Hrsg.), *Contemporary Trends and Issues in Science Education: volume 39. Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (Vol. 39, S. 277–305). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Zeidler, D. L., Berkowitz, M. W., & Bennett, K. (2014). Thinking (Scientifically) Responsibly: The Cultivation of Character in a Global Science Education Community. In D. J. Tippins, A. J. Stewart, & M. P. Mueller (Hrsg.), *SpringerLink Bücher: Vol. 41. Assessing Schools for Generation R (Responsibility): A Guide for Legislation and School Policy in Science Education* (Vol. 41, S. 83–99). Dordrecht: Springer.
- Zeidler, D. L., Herman, B. C., & Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1).
- Zeidler, D. L., & Kahn, S. (2014). *It's debatable! Using socioscientific issues to develop scientific literacy, K-12*. Arlington, Virginia: NSTA Press National Science Teachers Association.

- Zeidler, D. L., & Lewis, J. (2003). Unifying Themes in Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse. In D. L. Zeidler (Hrsg.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (S. 289–306). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58.
- Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2023). Exploring and Expanding the Frontiers of Socioscientific Issues. In N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 899–929). New York: Routledge.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Applebaum, S., & Callahan, B. E. (2009). Advancing reflective judgment through Socioscientific Issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 74–101.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.
- Zeidler, D. L., & Schafer, L. E. (1984). Identifying mediating factors of moral reasoning in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(1), 1–15.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343–367.
- ZEIT ONLINE (2019). Lungenärzte stellen Feinstaub- und Stickoxidgrenzwerte infrage. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2019-01/luftverschmutzung-feinstaub-stickoxid-grenzwerte-staedte-ideologie>
- ZEIT ONLINE (2021). Bund muss beim Klimaschutz nachbessern - Koalition streitet. Abgerufen am 20.02.2026 von <https://www.zeit.de/news/2021-04/29/klimagesetz-gericht-entscheidet-ueber-verfassungsbeschwerden>
- Zierer, K., Werner, J., & Wernke, S. (2015). Besser planen? Mit Modell! Empirisch basierte Überlegungen zur Entwicklung eines Planungskompetenzmodells. *Die deutsche Schule*, 107.
- Zmerli, S. (2011). Soziales Kapital und politische Partizipation. In B. Widmaier & F. Nonnenmacher (Hrsg.), *Wochenschau Wissenschaft. Partizipation als Bildungsziel: Politische Aktion in der politischen Bildung* (S. 31–43). Schwalbach/Ts.: Wochenschau-Verl.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35–62.
- Zoller, U. (1982). Decision-Making in Future Science and Technology Curricula. *European Journal of Science Education*, 4(1), 11–17.

Zowada, C., Niebert, K., & Eilks, I. (2019). Wenn nicht jetzt, wann dann? Nachhaltigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Unterricht Chemie*, 30(172), 2-9.

10 Anhang

10.1 Ergänzendes Material zur Datenerhebung

10.1.1 Muster einer Einverständniserklärung: Teilstudie 4

Universität zu Köln

Universität zu Köln • Albertus-Magnus-Platz • 50923 Köln

**Mathematisch-
Naturwissenschaftliche
Fakultät**

Institut für Chemiedidaktik

Tom Konrad Anton

Telefon: +49 221 470 2353
Sekretariat: +49 221 470 4655
Telefax: +49 221 470 4949
E-Mail: tom.anton@uni-koeln.de
www.chemiedidaktik.uni-koeln.de

Köln, 21.03.2022

Liebe Studierende,

vielen Dank für Ihr Interesse an meiner Forschung! Im Rahmen meines Promotionsprojekts ist am Institut für Chemiedidaktik der Universität zu Köln von mir dieses Seminar konzipiert worden. In diesem Seminar soll die Lehre forschungsbasiert strukturiert und organisiert werden. Die Forschung hat eine Verbesserung der universitären Chemielehrer*innenbildung zum Ziel, von der auch Sie im Rahmen Ihrer Lehramtsausbildung maßgeblich profitieren können. Sie als Chemielehramtsstudierende werden von mir um die Teilnahme gebeten, weil im Rahmen meiner Forschung Ihre Weiterentwicklung untersucht werden soll.

Die Teilnahme ist freiwillig, es entstehen Ihnen – unabhängig von Ihrer Teilnahme – keine Nachteile. Ein Widerruf ist jederzeit ohne Angabe von Gründen möglich. Ich freue mich sehr, wenn Sie sich mit der Teilnahme einverstanden erklären. Auf den nächsten Seiten finden Sie die entsprechende Datenschutzerklärung und die Einverständniserklärung. Wenn Sie sich zur Teilnahme bereit erklären, bitte ich darum, die Einverständniserklärung zu unterschreiben und mir zu übermitteln. Haben Sie vielen Dank für Ihre Bereitschaft die Chemielehrer*innenbildung weiterzuentwickeln. Sollten Ihrerseits noch Fragen oder Unklarheiten bestehen, kontaktieren Sie mich.

Mit freundlichen Grüßen

Tom Konrad Anton

Datenschutzerklärung

Verantwortlicher für den Datenschutz ist:

Universität zu Köln
Körperschaft öffentlichen Rechts, vertreten durch den Rektor
Albertus-Magnus-Platz
50923 Köln

Fachverantwortliche Person ist:

Tom Konrad Anton
Institut für Chemiedidaktik, Universität zu Köln
Herbert-Lewin-Straße 2, 50931 Köln
Tel.: 0221 470 2353
E-Mail: tom.anton@uni-koeln.de

Kontakt Daten des*r Datenschutzbeauftragten:

Datenschutzbeauftragte der Universität zu Köln
Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln
Tel.: 0221 470 0
E-Mail: dsb@verw.uni-koeln.de

Zweck, Art und Rechtsgrundlage der Verarbeitung:

Dieses Forschungsvorhaben dient der Erforschung und Verbesserung der universitären Chemielehrer*innenbildung. Im Rahmen meines Promotionsprojekts ist am Institut für Chemiedidaktik der Universität zu Köln von mir dieses Seminar konzipiert worden, wodurch die Lehre forschungsbasiert strukturiert und organisiert wird. Die Forschung hat eine Verbesserung der universitären Chemielehrer*innenbildung zum Ziel, von der auch Sie im Rahmen Ihrer Lehramtsausbildung maßgeblich profitieren können. Sie, als Chemielehramtsstudierende, werden von mir um die Teilnahme gebeten, weil im Rahmen meiner Forschung Ihre Weiterentwicklung untersucht werden soll. Inhaltlich geht es hierbei um die Befähigung von Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um gesellschaftliche Herausforderungen (wie bspw. Mikroplastik, Klimawandel, Luftverschmutzung, Nitrate) sowie um die Anleitung zur Vermittlung einer diesen gesellschaftlichen Herausforderungen reflexiven naturwissenschaftlichen Grundbildung.

Sie sollen mittels Fragebögen und Interviews befragt werden, wobei Letztere aufgezeichnet und verschriftlicht werden. Ebenso sollen von Ihnen erstellte Dokumente in Form von Arbeits- und Reflexionsergebnissen, wie erstellte Lernarrangements oder Bilanzierungen über den Lerngewinn, untersucht werden.

Es werden keine Angaben abgefragt, aus denen Sie direkt identifizierbar wären und ich bitte Sie, keine direkt identifizierbaren Angaben zu machen. Weil Ihre Angaben in mehreren Schritten erhoben und gemeinsam ausgewertet werden sollen, wird bei jeder Erhebung ein Code verwendet. Sie erstellen diesen Code selbst, damit Ihre Person unbekannt bleibt. Es handelt sich also um eine nur mittelbar identifizierbare, pseudonyme Datenverarbeitung. Nach Abschluss der Auswertung werden alle personenbeziehbaren Merkmale entfernt und der Code so ersetzt, dass der Datensatz wirksam anonymisiert ist. Nach Projektende werden auch die Einwilligungserklärungen gelöscht. Im Rahmen von Publikationen werden ausnahmslos anonymisierte Datensätze verwendet.

Die Fragebögen werden mittels des Tools Limesurvey ausgefüllt. Limesurvey ist eine freie Umfragesoftware, die auf Servern im Verantwortungsbereich der Universität zu Köln (Regionales Rechenzentrum (RRZK)) installiert wurde. Mit ihr lassen sich webbasierte Umfragen erstellen, veröffentlichen und durchführen. Die Befragungsergebnisse werden in einer Datenbank erfasst und vom fachverantwortlichen Befragungsersteller vor einem Export ggf. wirksam anonymisiert. Alle von den Befragungsteilnehmer*innen erhobenen Angaben werden nach maximal 24 Monaten nach Beendigung der Befragung endgültig vom Limesurvey-Server des RRZK gelöscht.

Über das Befragungsformular hinaus werden außerdem vom Umfragesystem Limesurvey Log-Daten verarbeitet. Beim Aufruf des Umfragesystems Limesurvey übermittelt Ihr Browser, wie bei jedem Webseitenaufruf, Daten Ihres abrufenden Geräts an das System. Folgende Daten werden von der Universität zu Köln zum Zweck des technischen Betriebs, Analyse von Fehlfunktionen und zur Abwehr unberechtigter Zugriffe (Log-Dateien) gespeichert:

- abgerufene Webseite/-adresse
- Datum und Uhrzeit des Zugriffs
- IP-Adresse der Nutzerin / des Nutzers HTTP-Statuscode
- abgerufene Datenmenge
- Browsertyp und-version / verwendetes Betriebssystem

Zugriff auf diese Log-Daten haben ausschließlich die Systemadministrator*innen im RRZK. Ein Abgleich der Log-Daten mit anderen Datenbeständen oder eine Weitergabe an Dritte erfolgen nicht. Die Log-Daten werden für eine Dauer von längstens 7 Tagen gespeichert und dann gelöscht. Daten, deren weitere Aufbewahrung zu Beweiszwecken

erforderlich ist, sind bis zur endgültigen Klärung des jeweiligen Vorfalls von der Löschung ausgenommen. Rechtsgrundlage der Verarbeitung der Log-Dateien für den technischen Betrieb und die Sicherheit der Systeme ist Art. 6 Abs. 1 lit. e. DSGVO i.V.m. §§ 3 Abs. 1 und 29 Abs. 1 HG NRW.

Die Datenerhebung in Interviews erfolgt mittels Aufnahme durch ein Gerät mit lokalem Datenspeicher. Die anschließende Speicherung der Audiodateien erfolgt nur auf gesicherten Servern im Verantwortungsbereich der Universität zu Köln (Regionales Rechenzentrum (RRZK)). Die Abschriften werden in einer Datenbank erfasst und von der fachverantwortlichen Person zuvor auf wirksame Anonymisierung überprüft.

Die Datenerhebung über Dokumente in Form von Arbeits- und Reflexionsergebnissen erfolgt über die Plattform ILAS der Universität zu Köln. Hier werden die Dokumente über eine Uploadfunktion anonymisiert abgegeben und innerhalb der Dokumente ist der selbst generierte Code anzugeben.

Die Rechtsgrundlage für die Erhebung etwaiger personenbeziehbarer Daten im Rahmen der Teilnahme an der Befragung ist die Einwilligung der betroffenen Personen gemäß Art. 6 Abs. 1 lit. a. DSGVO. Es entstehen Ihnen keinerlei Nachteile, wenn Sie sich gegen die Teilnahme entscheiden. Auch ohne Teilnahme am Forschungsprojekt können Sie an der Lehrveranstaltung teilnehmen und Leistungen erbringen. Sie haben das Recht, Ihre Einwilligung jederzeit mit Wirkung für die Zukunft zu widerrufen. Während des Interviews können Sie den Widerruf direkt mündlich erklären, oder im Anschluss per E-Mail an den oben genannten Ansprechpartner.

Eine automatisierte Entscheidungsfindung (z.B. Profiling) findet nicht statt.

Empfänger von personenbezogenen Daten:

Personenbezogene Daten aus der Befragung werden nicht an andere Stellen übermittelt. Sie werden ausschließlich auf Servern des RRZK zum Zweck der wirksamen Anonymisierung verarbeitet. Personenbezogene Daten, die im Rahmen des technischen Betriebs verarbeitet werden, werden nur auf Grundlage einer gesetzlichen Erlaubnis oder Verpflichtung an Dritte übermittelt, zum Beispiel zwecks Aufklärung von Straftaten im Rahmen der Regelungen der Strafprozessordnung (StPO) oder zwecks Geltendmachung von Schadensersatzansprüchen bei Urheberrechtsverletzungen. Sofern technische Dienstleister Zugang zu personenbezogenen Daten erhalten, geschieht dies auf Grundlage eines Vertrags gemäß Art. 28 DSGVO.

Speicherdauer:

Nach Abschluss des Forschungsvorhabens werden Ihre personenbezogenen Daten für 10 Jahre im Rahmen der guten wissenschaftlichen Praxis anonymisiert aufbewahrt und dann gelöscht, sofern nicht darüber hinausgehende gesetzliche Aufbewahrungspflichten bestehen.

Sie haben als betroffene Person das Recht auf

- Auskunft vom Verantwortlichen über Ihre Daten
- Widerruf Ihrer Einwilligung
- Berichtigung Ihrer Daten
- Löschung Ihrer Daten
- Einschränkung der Verarbeitung Ihrer Daten
- Datenübertragbarkeit

Sie haben auch das Recht der Verarbeitung Ihrer Daten zu widersprechen. Der Widerruf wirkt aber nur in die Zukunft. Die auf der Einwilligung beruhende Verarbeitung bis zum Zeitpunkt des Widerrufs bleibt also rechtmäßig.

Diese Rechte können gemäß DSGVO eingeschränkt sein. Dies gilt insbesondere, wenn keine Zuordnung zu Ihrer Person möglich ist, weil die Erhebung originär oder die weitere Verarbeitung anonymisiert erfolgt. Die beschriebene Verarbeitung der Log-Dateien ist für den Betrieb zwingend erforderlich. Es besteht folglich seitens der Nutzerin / des Nutzers keine Widerspruchsmöglichkeit. Obwohl IP-Adressen als personenbezogene Daten gelten, werden diese von der Universität zu Köln keinen Personen zugeordnet, können also bei Auskunftsanfragen von Nutzerinnen / Nutzern nicht zugeordnet und es kann diesbezüglich keine Auskunft erteilt werden.

Falls keine wirksame Anonymität besteht, können Sie die vorgenannten Rechte vorzugsweise beim oben genannten Ansprechpartner geltend machen.

Sie haben außerdem das Recht sich bei einer Aufsichtsbehörde zu beschweren. Aufsichtsbehörde für den Verantwortlichen ist die Landesbeauftragte für Datenschutz und Informationsfreiheit Nordrhein-Westfalen:

Landesbeauftragte für Datenschutz und Informationsfreiheit Nordrhein-Westfalen

Postfach 20 04 44, 40102 Düsseldorf

Tel.: 0211/38424-0

Fax: 0211/38424-10

E-Mail: poststelle@ldi.nrw.de

Einwilligungserklärung:

Ich habe die Datenschutzerklärung und das Anschreiben zur Kenntnis genommen und möchte an der erläuterten Forschung zur Befähigung von Chemielehramtsstudierenden zur Partizipation an Diskursen um gesellschaftliche Herausforderungen (wie bspw. Mikroplastik, Klimawandel, Luftverschmutzung, Nitrate) sowie zur Anleitung der Vermittlung einer diesen gesellschaftlichen Herausforderungen reflexiven naturwissenschaftlichen Grundbildung im Rahmen des Forschungsprojekts teilnehmen.

Vor- und Nachname:

Geboren am:

E-Mailadresse:

Mobil:

Ort, Datum

Unterschrift

10.1.2 Fragebögen(-items)

Die Erhebung mit Fragebögen ist nur in der Vorstudie „Gesellschaftliche Herausforderungen im Lichte naturwissenschaftlicher Grundbildung in der Chemielehrer*innenbildung – eine Fragebogenstudie zum Thema Schadstoffe in der Luft“ als Paper-Pencil-Erhebung abgelaufen. In allen anderen Erhebungen mit Fragebögen wurde limesurvey genutzt. Aus Gründen des platzsparenden Layouts sind die Inhalte der Fragebögen (Items etc.) als Fließtext in den folgenden Unterkapiteln eingebunden.

10.1.2.1 Vorstudie: Gesellschaftliche Herausforderungen im Lichte naturwissenschaftlicher Grundbildung in der Chemielehrer*innenbildung – eine Fragebogenstudie zum Thema Schadstoffe in der Luft

Fragebogen

Gesellschaftliche Herausforderungen und naturwissenschaftliche Erklärungen

Liebe Kommilitonen¹,
im Rahmen meiner Masterarbeit im Fach Chemiedidaktik an der Universität zu Köln habe ich den folgenden Fragebogen entwickelt, der Deine Sichtweisen bzgl. ausgewählter Aspekte chemischer Natur von gesellschaftlichen Herausforderungen der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs erhebt.

Ich würde Dich bitten, den Fragebogen auszufüllen und dabei in ganzen Sätzen zu antworten. Es würde mir helfen, wenn Du so ausführlich, wie es Dir möglich ist, antwortest. Zur Beantwortung der Fragen sind Textfelder vorgegeben; sollten diese nicht ausreichen, kannst Du auf der Rückseite weiterschreiben oder auf Anfrage zusätzliches Papier erhalten.

Die Teilnahme ist *freiwillig*. Dieser Fragebogen ist anonym auszufüllen, daher wird zur Wahrung der Anonymität ein vierstelliger *Code* generiert. Deine Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt und nur im Rahmen dieser Untersuchung ausgewertet.

Ich danke Dir für Deine Teilnahme.

Herzlichst, Tom Konrad Anton

Universität: _____

Geschlecht: _____

Lehramt: G ☐ HRGe ☐ Sopäd ☐ GyGe ☐ BK ☐

Fächer: 1. Fach: _____

2. Fach: _____

¹ Derartige Formulierungen sind geschlechtsneutral zu verstehen.

Fachsemester: _____

Code: _____

(Zusammensetzung des Codes: Erster Buchstabe Ihres Geburtsmonats; Letzter Buchstabe Ihres Vornamens;
Letzte Ziffer Ihres Geburtsjahres; Erster Buchstabe Ihres Geburtsmonats.)

1. Welche Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs kennst Du und was weißt Du darüber?

2. Wo und wie werden die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs produziert bzw. freigesetzt?

3. Sind Dir (Aus-) Wirkungen, die die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs haben, bekannt? Wenn ja, welche?

4. Was bedeuten bzw. besagen die Grenzwerte zu den Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs, die u.a. in den Medien diskutiert werden?

5. Schildere mögliche Probleme, Herausforderungen sowie Einsichten, die mit der Grenzwertdiskussion um die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs einhergehen.

10.1.2.2 Vorstudie SChemTeC: Fragebogenitems

1. Frage: Welche Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs kennst Du und was weißt Du darüber?
2. Frage: Wo und wie werden die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs produziert bzw. freigesetzt?
3. Frage: Sind Dir (Aus-) Wirkungen, die die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs haben, bekannt? Wenn ja, welche?
4. Was bedeuten bzw. besagen die Grenzwerte zu den Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs, die u.a. in den Medien diskutiert werden?
5. Schildere mögliche Probleme, Herausforderungen sowie Einsichten, die mit der Grenzwertdiskussion um die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs einhergehen.

10.1.2.3 Teilstudie 1 (Mikroplastik): Fragebogenitems des Prä-Fragebogens

1. Was verstehst Du unter Mikroplastik und welche charakteristischen Eigenschaften ordnest Du Mikroplastik zu?
2. Wo und wie wird Mikroplastik produziert bzw. freigesetzt?
3. Sind Dir Auswirkungen und Folgen, die Mikroplastik verursachen kann, bekannt? Wenn ja, welche und für wen?
4. Was bedeuten bzw. besagen Grenzwerte im Allgemeinen und wie kommen sie zustande?
5. Schildere Probleme und Herausforderungen, die Du bei der Setzung von Grenzwerten von Mikroplastik siehst und nimm dazu Stellung.
6. Welche Informationsquellen hast Du zur Beantwortung der Fragen benutzt und wie schätzt Du die Verlässlichkeit dieser Quellen?

10.1.2.4 Teilstudie 1 (Mikroplastik): Fragebogenitems des Post-Fragebogens

1. Was verstehst Du unter Mikroplastik und welche charakteristischen Eigenschaften ordnest Du Mikroplastik zu?
2. Wo und wie wird Mikroplastik produziert bzw. freigesetzt?

3. Sind Dir Auswirkungen und Folgen, die Mikroplastik verursachen kann, bekannt? Wenn ja, welche und für wen?
4. Was bedeuten bzw. besagen Grenzwerte im Allgemeinen und wie kommen sie zustande?
5. Schildere Probleme und Herausforderungen, die Du bei der Setzung von Grenzwerten von Mikroplastik siehst und nimm dazu Stellung.
6. Welche Informationsquellen hast Du zur Beantwortung der Fragen benutzt und wie schätzt Du die Verlässlichkeit dieser Quellen?
7. Inwiefern würdest Du Mikroplastik, Kunststoffe im Allgemeinen und die damit einhergehenden Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht nun thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung nun besonders wichtig?

10.1.2.5 Teilstudie 2 (Schadstoffe in der Luft): Fragebogenitems (Prä- und Postfragebogen deckungsgleich)

1. Welche Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs kennst Du und welche charakteristischen Eigenschaften ordnest Du diesen zu?
2. Wo und wie werden die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs produziert bzw. freigesetzt?
3. Sind Dir Auswirkungen und Folgen, die die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs verursachen können, bekannt? Wenn ja, welche und für wen?
4. Was bedeuten bzw. besagen Grenzwerte im Allgemeinen und wie kommen sie zustande?
5. Schildere Probleme und Herausforderungen, die Du bei der Setzung von Grenzwerten der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs siehst und nimm dazu Stellung.
6. Welche Informationsquellen hast Du zur Beantwortung der Fragen benutzt und wie schätzt Du die Verlässlichkeit dieser Quellen?
7. Inwiefern würdest Du die Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs und die damit einhergehenden Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig?

10.1.2.6 Teilstudie 3 (Mikroplastik): Fragebogenitems (Prä- und Postfragebögen deckungsgleich)

1. Was verstehst Du unter Mikroplastik und welche charakteristischen Eigenschaften ordnest Du Mikroplastik zu?
2. Wo und wie wird Mikroplastik produziert bzw. freigesetzt?
3. Sind Dir Auswirkungen und Folgen, die Mikroplastik verursachen kann, bekannt? Wenn ja, welche und für wen?
4. Was bedeuten bzw. besagen Grenzwerte im Allgemeinen und wie kommen sie zustande?
5. Schildere Probleme und Herausforderungen, die Du bei der Setzung von Grenzwerten von Mikroplastik siehst und nimm dazu Stellung.
6. Welche Informationsquellen hast Du zur Beantwortung der Fragen benutzt und wie schätzt Du die Verlässlichkeit dieser Quellen?
7. Inwiefern würdest Du Mikroplastik, Kunststoffe im Allgemeinen und die damit einhergehenden Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht nun thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung nun besonders wichtig?

10.1.2.7 Teilstudie 4 (Nitrate): Fragebogenitems (Prä- und Postfragebögen deckungsgleich)

1. Welche Nitrate kennst Du und welche charakteristischen Eigenschaften ordnest Du diesen zu?
2. Wo und wie werden Nitrate genutzt bzw. freigesetzt?
3. Sind Dir Auswirkungen und Folgen, die Nitrate verursachen können, bekannt? Wenn ja, welche Auswirkungen und Folgen für wen?
4. Was bedeuten bzw. besagen Grenzwerte im Allgemeinen und wie kommen sie zustande?
5. Schildere Probleme und Herausforderungen, die Du bei der Setzung von Grenzwerten von Nitraten siehst und nimm dazu Stellung.
6. Welche Informationsquellen hast Du zur Beantwortung der Fragen benutzt und wie schätzt Du die Verlässlichkeit dieser Quellen ein?

7. Inwiefern würdest Du Nitrate und die damit einhergehenden gesellschaftlichen Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig?

10.1.3 Interviews

10.1.3.1 Interviewleitfaden: Vorstudie SChemTeC

Leitfaden problemzentrierte Interviews SChemTeC

- Dank für Teilnahme
- Vorgehen: Dauer des Gesprächs, Fokus auf Erzählungen, es gibt keine falschen Antworten
- Vertraulichkeit, Datenschutz, Einverständnis zur Aufnahme
- Fragen des*der Interviewpartners*in klären

Leitfrage	Stopp & Memo	Aufrechterhaltungsfragen
Was ist aus Deiner Sicht das Problem von/bei Schadstoffen in der Luft? Erzähl doch mal. <i>Alternativen:</i> <i>Warum sind Deiner Meinung nach, Schadstoffe in der Luft eine gesellschaftliche Herausforderung?</i> <i>Wo liegt Deiner Meinung nach bei Schadstoffen in der Luft das Problem?</i>	- Freisetzungsorte - Wirkungsweise (Treibhausgas, Reizgas) - Bildung - Folgen	• Zum Beispiel? • Kannst Du das genauer beschreiben? • Kannst Du ein Beispiel nennen? • Fallen Dir dazu konkrete Situationen ein? • Was meinst Du damit genau? • Habe ich richtig verstanden, dass ... •
Was sind Grenzwerte? <i>Was sind für Dich Grenzwerte?</i>	- Implikationen - Kommunikation von Grenzwerten und gH SiDL	
Was machen Grenzwerte zu Schadstoffen in der Luft für Dich komplex?	- Messbarkeit - Überprüfung - Experten-Laien-Paradigma - Medien - Quellenverlässlichkeit - Betroffenheit und Betroffene - Setzung im interdisziplinären Aushandlungsprozess - Interessen der Beteiligten - Kontroversität - Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse	
Wie stehst Du zu den Diskursen um Grenzwerte zu Schadstoffen in der Luft? <i>Wie positionierst Du Dich in den Diskursen um Grenzwerte zu Schadstoffen in der Luft? Und warum?</i> <i>Wie stellst Du Dir eine Teilhabe in den Diskursen um Grenzwerte zu SiDL vor?</i>	- Fachliche Begründungen heranziehen - CO₂ → Klimawandel → Umwelt - NO_x → Luftverschmutzung → Gesundheit - Ozon → Luft und Umweltverschmutzung → Umwelt und Gesundheit	

	- Umgang mit Implikationen gesellschaftlicher Herausforderungen - Einschätzung von Kommunikationen - Seminarimpact	
Was wäre Dir bei der Vermittlung von gesellschaftlichen Herausforderungen wichtig? Worauf würdest Du besonders Wert legen? <i>Was würdest Du Kommilitonen für eine Vermittlung in der Schule empfehlen?</i>	- Wie vermitteln - Wem Vermitteln - Warum vermitteln - Eigene Volition dazu - Passform CU: Chemie KMK + KLP? - Curriculare Begründung - <i>Bezüge zum Fragebogen, Reflexionsaufgaben und zum Lernarrangement herstellen</i>	
Haben wir etwas vergessen, dass Du noch ergänzen, erwähnen oder anmerken möchtest?	- Klärung offener Fragen und Unklarheiten	

10.1.3.2 Interviewleitfaden: Teilstudie 1 und 3 (Mikroplastik)

Leitfaden problemzentrierte Interviews (pzI) Mikroplastik

- Dank für Teilnahme
- Vorgehen: Dauer des Gesprächs, Fokus auf Erzählungen, es gibt keine falschen Antworten
- Vertraulichkeit, Datenschutz, Einverständnis zur Aufnahme
- Fragen des*der Interviewpartners*in klären

Leitfrage	Mögliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen
Warum ist Deiner Meinung nach Mikroplastik eine gesellschaftliche Herausforderung? <i>Welche Bedeutung hat Mikroplastik für die Umwelt sowie für Menschen und Tiere?</i>	- Charakteristische Eigenschaften - Bildung - Freisetzung - Folgen	• Zum Beispiel? • Kannst Du das genauer beschreiben? • Kannst Du ein Beispiel nennen?
Was sind Grenzwerte? <i>Was sind für Dich Grenzwerte?</i>	- Intention (Erhaltung und Sicherung Lebensgrundlagen) - Instrumente der Gesundheits- und Umweltpolitik (Vorsorgeprinzip) - Funktion: regulierend, informierend - Setzung interdisziplinär, kontrovers, Spannungsfeld zw. versch. Akteuren - Berücksichtigung von Risikoabschätzungen - Verschiedene Erkenntnismethoden	• Fallen Dir dazu konkrete Situationen ein? • Was meinst Du damit genau? • Habe ich richtig verstanden, dass ...
Welche Schwierigkeiten treten bei den Grenzwerten von Mikroplastik auf? <i>Welche Probleme ergeben sich bei der Übertragung von Grenzwerten auf das Thema Mikroplastik?</i>	- Keine einheitliche Definition - Überprüfung - Experten-Laien-Paradigma - Medien - Quellenverlässlichkeit - Betroffenheit und Betroffene - Setzung im interdisziplinären Aushandlungsprozess - Interessen der Beteiligten	

	- Kontroversität - Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse - Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen chemiespezifischer Methoden	
Welche Diskussionen sind Dir bzgl. Mikroplastik bekannt und wie ist Deine Meinung dazu? <i>Wie positionierst Du Dich in den Diskursen um Grenzwerte von Mikroplastik? Und warum?</i> <i>Wie stellst Du Dir eine Partizipation an Diskursen um Mikroplastik vor?</i>	- Fachliche Begründungen heranziehen - Kunststoffe → Umwelt und Gesundheit - Umgang mit Implikationen gesellschaftlicher Herausforderungen - Einschätzung von Kommunikationen - Seminarimpact - Lobbyismus - Medien und Werbung - Gesellschaftliche Bewegungen	
Was wäre Dir bei der Vermittlung von gesellschaftlichen Herausforderungen wichtig? Worauf würdest Du besonders Wert legen? Was würdest Du bei Mikroplastik auf jeden Fall thematisieren? <i>Was würdest Du Kommilitonen für eine Vermittlung in der Schule empfehlen?</i>	- Wie vermitteln - Wem Vermitteln - Warum vermitteln - Eigene Volition dazu - Passform CU: Chemie KMK + KLP? - Curriculare Begründung - Bezüge zum Fragebogen, Reflexionsaufgaben und zum Lernarrangement herstellen	
Haben wir etwas vergessen, dass Du noch ergänzen, erwähnen oder anmerken möchtest?	- Klärung offener Fragen und Unklarheiten	

10.1.3.3 Interviewleitfaden: Teilstudie 2 (Schadstoffe in der Luft)

Leitfaden problemzentrierte Interviews (pzI) SidL

- Dank für Teilnahme
- Vorgehen: Dauer des Gesprächs, Fokus auf Erzählungen, es gibt keine falschen Antworten
- Vertraulichkeit, Datenschutz, Einverständnis zur Aufnahme
- Fragen des*der Interviewpartners*in klären

Leitfrage	Mögliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen
Warum sind Deiner Meinung nach Schadstoffen in der Luft eine gesellschaftliche Herausforderung? <i>Wo liegen Deiner Meinung nach Probleme bei Schadstoffen in der Luft?</i>	- Charakteristische Eigenschaften - Wirkungsweise - Bildung und Emissionen (Freisetzung) - Folgen	• Zum Beispiel? • Kannst Du das genauer beschreiben? • Kannst Du ein Beispiel nennen?
Was sind Grenzwerte? <i>Was sind für Dich Grenzwerte?</i>	- Intention (Erhaltung und Sicherung Lebensgrundlagen) - Instrumente der Gesundheits- und Umweltpolitik (Vorsorgeprinzip) - Funktion: regulierend, informierend - Setzung interdisziplinär, kontrovers, Spannungsfeld zw. versch. Akteuren - Berücksichtigung von Risikoabschätzungen - Verschiedene Erkenntnismethoden	• Fallen Dir dazu konkrete Situationen ein? • Was meinst Du damit genau? • Habe ich richtig verstanden, dass ... •
Welche Schwierigkeiten treten bei den Grenzwerten von Schadstoffen in der Luft auf? <i>Welche Probleme ergeben sich bei der Übertragung von Grenzwerten auf das Thema Schadstoffe in der Luft?</i>	- Messbarkeit - Überprüfung - Experten-Laien-Paradigma - Medien - Quellenverlässlichkeit - Betroffenheit und Betroffene	

	- Setzung im interdisziplinären Aushandlungsprozess - Interessen der Beteiligten - Kontroversität - Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse - Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen chemiespezifischer Methoden	
Welche Diskussionen sind Dir bzgl. Schadstoffen in der Luft bekannt und wie ist Deine Meinung dazu? <i>Wie positionierst Du Dich in den Diskursen um Grenzwerte von Schadstoffen in der Luft? Und warum?</i> <i>Wie stellst Du Dir eine Partizipation an Diskursen um Schadstoffe in der Luft vor?</i>	- Fachliche Begründungen heranziehen - CO₂ → Klimawandel → Umwelt - NO_x → Luftverschmutzung → Gesundheit - Ozon → Luft und Umweltverschmutzung → Umwelt und Gesundheit - Umgang mit Implikationen gesellschaftlicher Herausforderungen - Einschätzung von Wissenschaftskommunikationen - Seminarimpact - Lobbyismus - Medien und Werbung - Gesellschaftliche Bewegungen	
Was wäre Dir bei der Vermittlung von gesellschaftlichen Herausforderungen wichtig? Worauf würdest Du besonders Wert legen? Was würdest Du bei Schadstoffen in der Luft auf jeden Fall thematisieren? <i>Was würdest Du Kommilitonen für eine Vermittlung in der Schule empfehlen?</i>	- Wie vermitteln - Wem Vermitteln - Warum vermitteln - Eigene Volition dazu - Passform CU: Chemie KMK + KLP? - Curriculare Begründung - Bezüge zum Fragebogen, Reflexionsaufgaben und zum Lernarrangement herstellen	
Haben wir etwas vergessen, dass Du noch ergänzen, erwähnen oder anmerken möchtest?	- Klärung offener Fragen und Unklarheiten	

10.1.3.4 Interviewleitfaden: Teilstudie 4 (Nitrate)

Leitfaden problemzentrierte Interviews (pzI) Nitrate

- Dank für Teilnahme
- Vorgehen: Dauer des Gesprächs, Fokus auf Erzählungen, es gibt keine falschen Antworten
- Vertraulichkeit, Datenschutz, Einverständnis zur Aufnahme
- Fragen des*der Interviewpartners*in klären

Leitfrage	Mögliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen
Warum stellen Deiner Meinung nach Nitrate eine gesellschaftliche Herausforderung dar? <i>Welche Bedeutung haben Nitrate für die Umwelt sowie für Menschen und Tiere?</i>	- Charakteristische Eigenschaften - Bildung - Freisetzung - Folgen	• Zum Beispiel? • Kannst Du das genauer beschreiben? • Kannst Du ein Beispiel nennen? • Fallen Dir dazu konkrete Situationen ein? • Was meinst Du damit genau?
Was sind Grenzwerte? <i>Was sind für Dich Grenzwerte?</i>	- Intention (Erhaltung und Sicherung Lebensgrundlagen) - Instrumente der Gesundheits- und Umweltpolitik (Vorsorgeprinzip) - Funktion: regulierend, informierend - Setzung interdisziplinär, kontrovers, Spannungsfeld zw. versch. Akteuren	

	- Berücksichtigung von Risikoabschätzungen - Verschiedene Erkenntnismethoden	• Habe ich richtig verstanden, dass ...
Welche Schwierigkeiten treten bei den Grenzwerten von Nitraten auf? <i>Welche Probleme ergeben sich bei der Übertragung von Grenzwerten auf das Thema Nitrate?</i>	- Messbarkeit - Überprüfung - Experten-Laien-Paradigma - Medien - Quellenverlässlichkeit - Betroffenheit und Betroffene - Setzung im interdisziplinären Aushandlungsprozess - Interessen der Beteiligten - Kontroversität - Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse - Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen chemiespezifischer Methoden	
Welche Diskussionen sind Dir bzgl. Nitraten bekannt und wie ist Deine Meinung dazu? <i>Wie positionierst Du Dich in den Diskursen um Grenzwerte von Nitraten? Und warum?</i> <i>Wie stellst Du Dir eine Partizipation an Diskursen um Nitrate vor?</i>	- Fachliche Begründungen heranziehen - Nitrate → Umwelt und Gesundheit - Umgang mit Implikationen gesellschaftlicher Herausforderungen - Einschätzung von Kommunikationen - Seminarimpact - Lobbyismus - Medien und Werbung - Gesellschaftliche Bewegungen	
Was wäre Dir bei der Vermittlung von gesellschaftlichen Herausforderungen wichtig? Worauf würdest Du besonders Wert legen? Was würdest Du bei Nitraten auf jeden Fall thematisieren? <i>Was würdest Du Kommilitonen für eine Vermittlung in der Schule empfehlen?</i>	- Wie vermitteln - Wem Vermitteln - Warum vermitteln - Eigene Volition dazu - Passform CU: Chemie KMK + KLP? - Curriculare Begründung - <i>Bezüge zum Fragebogen, Reflexionsaufgaben und zum Lernarrangement herstellen</i>	
Haben wir etwas vergessen, dass Du noch ergänzen, erwähnen oder anmerken möchtest?	- Klärung offener Fragen und Unklarheiten	

10.1.4 Reflexionsaufgaben

10.1.4.1 SChemTeC

III. Portfolio-Reflexionsaufgabe

Überlegt für Euch:

- In welchen Bereichen habt Ihr (Fach-) Wissen dazu gewonnen?
- In welchen Bereichen ist Euer (Fach-) Wissen verglichen mit dem Beginn des Seminars unverändert?
- In welchen Bereichen seht Ihr noch Unklarheiten bzw. Leerstellen?
- Welche neuen Einsichten konntet Ihr bisher gewinnen?
- Welchen Herausforderungen seid Ihr im Prozess begegnet?
- Was hat Euch überrascht?

Projektseminar SChemTeC | Institut für Chemiedidaktik | Folie 10



10.1.4.2 Teilstudien 1 und 3: Impulse der Reflexionsaufgaben

- In welchen Bereichen habt Ihr (Fach-) Wissen dazu gewonnen?
- In welchen Bereichen ist Euer (Fach-) Wissen verglichen mit dem Beginn des Seminars unverändert?
- In welchen Bereichen seht Ihr noch Unklarheiten bzw. Leerstellen?
- Welche neuen Einsichten konntet Ihr bisher gewinnen?
- Welchen Herausforderungen seid Ihr im Prozess begegnet?
- Was hat Euch überrascht?
- Gibt es in Eurem privatem Leben Situationen, in denen ihr das Wissen anwenden konntet?
- Inwiefern würdet ihr Mikroplastik, Kunststoffe im Allgemeinen und die damit einhergehenden Herausforderungen in Eurem späteren Chemieunterricht thematisieren? Was wäre Euch bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig?

10.1.4.3 Teilstudie 2: Impulse der Reflexionsaufgaben

- In welchen Bereichen hast Du (Fach-) Wissen dazu gewonnen?
- In welchen Bereichen ist Dein (Fach-) Wissen verglichen mit dem Beginn des Seminars unverändert?
- In welchen Bereichen siehst Du noch Unklarheiten bzw. Leerstellen?
- Welche neuen Einsichten konntest Du bisher gewinnen?
- Welchen Herausforderungen bist Du im Prozess begegnet?
- Was hat Dich überrascht?
- Gibt es in Deinem privatem Leben Situationen, in denen Du das Wissen anwenden konntest?
- Inwiefern würdest Du die Schadstoffe in der Luft, deren Grenzwerte und die damit einhergehenden Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig?

10.1.4.4 Teilstudie 4: Impulse der Reflexionsaufgaben

- In welchen Bereichen hast Du (Fach-) Wissen dazu gewonnen?
- In welchen Bereichen ist Dein (Fach-) Wissen verglichen mit dem Beginn des Seminars unverändert?
- In welchen Bereichen siehst Du noch Unklarheiten bzw. Leerstellen?
- Welche neuen Einsichten konntest Du bisher gewinnen?
- Welchen Herausforderungen bist Du im Prozess begegnet?
- Was hat Dich überrascht?
- Gibt es in Deinem privatem Leben Situationen, in denen Du das Wissen anwenden konntest?

- Inwiefern würdest Du Nitrate, den Stickstoffkreislauf im Allgemeinen und die damit einhergehenden Herausforderungen in Deinem späteren Chemieunterricht thematisieren? Was wäre Dir bei einer möglichen Thematisierung besonders wichtig?

10.1.5 Lernarrangements

10.1.5.1 Aufgabenstellung für die Lernarrangements der Teilstudien 1 und 3 (Mikroplastik)

Entwicklung eines Lernarrangements

Inwiefern lässt sich Mikroplastik, seine gesellschaftlichen Herausforderungen (SSI) und seine Diskurse um Grenzwerte im Rahmen von Chemieunterricht verschiedener Schulformen und -stufen thematisieren und begründen? Entwicklung eines Lernarrangements.

- Es sind die angestrebten kompetenzorientierten **Ziele** im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung zu begründen (auch curricular). Es sollen die **Lernbedingungen** der Lernenden, die notwendig sind, reflektiert werden. Es soll herausgearbeitet werden, was die Lernenden durch dieses Lernarrangement lernen sollen (**Lernoutput**). Es wird ein **Hauptziel** formuliert und die entsprechenden Kompetenzanforderungen werden begründet zugeordnet. Die **Bedeutungen** für die naturwissenschaftliche Grundbildung werden analysiert.
- Es sollen, wenn möglich, **Experimente** eingebunden werden, doch muss dies fachdidaktisch begründet (Ziele, Bedingungen, Output) sein.
- In der Sachanalyse wird der **fachliche Hintergrund** analysiert: chemisch, naturwissenschaftlich-interdisziplinär sowie, wenn notwendig, die Einbettung in gesellschaftliche Kontexte.
- Es soll durchweg ein **Gegenwartsbezug** hergestellt werden.
- Es sollen **aktivierende** und **handlungsanleitende Methoden** verwendet werden, der entsprechende Einsatz muss passend und begründet sein (Literatur!).
- In allen Lernarrangements **muss** auf *Grenzwerte*, deren Implikationen und auf *Aspekte der Kommunikation von Wissen (-schaft) und dem Umgang mit Evidenzen* eingegangen werden; gleichwohl in verschiedener Intensität und Differenziertheit.
- Es werden Lernarrangements mit **verschiedenen Themen** konstruiert, die Themen müssen hier im Seminar abgestimmt werden.
- Es sollen **Aufgaben** formuliert in Anlehnung an die Kriterien von Leisen (2010) formuliert werden, sie sollen zum Handeln, auch mit Anderen, anleiten (**Partizipation**).
- Ein Lernarrangement schließt eine **begründete Gestaltung, Einbettung und Reflexion** in eine Lernumgebung in eine konstruierte Reihe bzw. Sequenz ein.
- Wenn **Quellen** eingesetzt werden, muss deren Herkunft angegeben werden (Quellenangabe).
- Die Hinweise werden umgesetzt. Es werden Literaturangaben gemacht!

10.1.5.2 Aufgabenstellung für die Lernarrangements der Teilstudie 4 (Nitrate)

Entwicklung eines Lernarrangements

Inwiefern lassen sich Nitrate, ihre gesellschaftlichen Herausforderungen (SSI) und Diskurse um Grenzwerte im Rahmen von Chemieunterricht verschiedener Schulformen und -stufen thematisieren und begründen? Entwicklung eines Lernarrangements.

- Es sind die angestrebten kompetenzorientierten Ziele im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung zu begründen (auch curricular). Es sollen die Lernbedingungen der Lernenden, die notwendig sind, reflektiert werden. Es soll herausgearbeitet werden, was die Lernenden durch dieses Lernarrangement lernen sollen (Lernoutput). Es wird ein Hauptziel formuliert und die entsprechenden Kompetenzanforderungen werden begründet zugeordnet. Die Bedeutungen für die naturwissenschaftliche Grundbildung werden analysiert.
- Es sollen, wenn möglich, Experimente eingebunden werden, doch muss dies fachdidaktisch begründet (Ziele, Bedingungen, Output) sein.
- In der Sachanalyse wird der fachliche Hintergrund analysiert: chemisch, naturwissenschaftlich-interdisziplinär sowie, wenn notwendig, die Einbettung in gesellschaftliche Kontexte.
- Es soll durchweg ein Gegenwartsbezug hergestellt werden.
- Es sollen aktivierende und handlungsanleitende Methoden verwendet werden, der entsprechende Einsatz muss passend und begründet sein (Literatur!).
- In allen Lernarrangements muss auf *Grenzwerte*, deren Implikationen und auf *Aspekte der Kommunikation von Wissen (-schaft) und dem Umgang mit Evidenzen* eingegangen werden; gleichwohl in verschiedener Intensität und Differenziertheit.
- Es werden Lernarrangements mit verschiedenen Themen konstruiert, die Themen müssen hier im Seminar abgestimmt werden.
- Es sollen Aufgaben formuliert in Anlehnung an die Kriterien von Leisen (2010) formuliert werden, sie sollen zum Handeln, auch mit Anderen, anleiten.
- Ein Lernarrangement schließt eine begründete Gestaltung, Einbettung und Reflexion in eine Lernumgebung in eine konstruierte Reihe bzw. Sequenz ein.
- Wenn Quellen eingesetzt werden, muss deren Herkunft angegeben werden (Quellenangabe).
- Die Hinweise werden umgesetzt. Es werden Literaturangaben gemacht!

Universität zu Köln | Institut für Chemiedidaktik | Tom Konrad Anton

10.2 Ergänzendes Material zur Datenaufbereitung

Verwendete modifizierte Transkriptionsregeln angelehnt an Dresing und Pehl (2018, S. 22) sowie Kuckartz (2016, S. 167)

1. Es wird wörtlich transkribiert, also nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte werden nicht mit transkribiert, sondern möglichst genau in Hochdeutsch übersetzt.
2. Sprache und Interpunktion werden leicht geglättet, d. h. an das Schriftdeutsch angenähert. Die Satzform, bestimmte und unbestimmte Artikel etc. werden auch dann beibehalten, wenn sie Fehler enthalten.
3. Deutliche, längere Pausen von drei Sekunden werden durch in Klammern gesetzte Auslassungspunkte (...) markiert. Bei längeren Pausen wird eine Zahl entsprechend der Dauer in Sekunden angegeben.
4. Zustimmung bzw. bestätigende Lautäußerungen der Interviewenden werden nicht mit transkribiert, sofern sie den Redefluss der befragten Person nicht unterbrechen.
5. Einwürfe der jeweils anderen Person werden in Klammern gesetzt.
6. Lautäußerungen der befragten Person, die die Aussage unterstützen oder verdeutlichen, werden in Klammern notiert.
7. Jeder Sprechbeitrag wird als eigener Absatz transkribiert.
8. Störungen werden unter Angabe der Ursache in Klammern notiert.
9. Nonverbale Aktivitäten und Äußerungen der befragten wie auch der interviewenden Person werden in Klammern notiert, z.B. (lacht).
10. Unverständliche Wörter werden durch (unv.) kenntlich gemacht.
11. Alle Angaben, die einen Rückschluss auf eine befragte Person erlauben, werden anonymisiert

10.3 Ergänzendes Material zur Datenauswertung

10.3.1 Kodierleitfäden: Inhaltliche Strukturierung

10.3.1.1 Teilstudie 1: Mikroplastik

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zum chemischen Fachwissen zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik

Untersuchungsfrage: Über welches chemische Fachwissen verfügen Chemielehramtsstudierende in Bezug zur Partizipation an Diskursen von Mikroplastik als SSI vor und nach der Intervention?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie		Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
CW1 Charakteristische Eigenschaften	CW1a: Klassifizierung von Kunststoffpartikeln als Mikroplastik	Die Befragten unterscheiden Mikroplastik von Makro- oder Mesoplastik aufgrund der Größe.	„Mikroplastik sind kleinste Kunststoffpartikel, welche sich durch ihre Größe definieren lassen“ (F6MKK_MP1_Po)	Erfüllt, wenn Mikroplastikpartikel als Kunststoffpartikel aufgrund der Größe kategorisiert werden. Bspw. als kleine Partikel.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1b: Ober- und Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik	Die Befragten nennen 5 mm als (EU-weite) Obergrenze für Mikroplastik. Die Befragten stellen heraus und problematisieren, dass es keine einheitlich definierte Untergrenze der Partikelgröße gibt. Die Untergrenzen der Partikelgrößen liegen ca. im Bereich 100 nm – 1 µm.	„Leider gibt es keine einheitliche Größendefinition für Mikroplastik, jedoch wird dieses oft ab einer Größe von unter 5mm beschrieben.“ (9N5VM_MP1_Po) „Also es gibt eine Obergrenze, die definiert ist, aber nicht so wirklich so eine Untergrenze, glaube ich. Und (..) das ist halt doof, dass das nicht so wirklich definiert ist, was Mikroplastik ist.“ (KVRVH_MP1_I)	Erfüllt, wenn Herausforderungen der uneinheitlichen Mikroplastikpartikelgrößendefinition thematisiert werden. Erfüllt, wenn Ober- oder Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik thematisiert wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1c: Mikroplastik schließt verschiedenste Polymerarten ein	Die Befragten bezeichnen Mikroplastik als Sammelbegriff, der verschiedenste Kunststoffe umfasst und dabei wird nicht weiter stofflich differenziert.	„Des Weiteren ist Mikroplastik nur ein Überbegriff für verschiedene Arten von Kunststoffen, die jeweils alle verschiedene Eigenschaften besitzen.“ (C73TK_MP1_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik als Sammelbegriff für verschiedenste Kunststoffe aufgefasst werden kann.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1d: Charakteristische Eigenschaften von Kunststoffen	Die Befragten schreiben Mikroplastik inerte und wasserunlösliche Eigenschaften zu. Die Befragten stellen das günstige Oberfläche-Größe-Verhältnis heraus.	„MP findet sich, aufgrund seiner wasserunlöslichen, inerten Eigenschaften“ (H435H_MP1_Po)	Erfüllt, wenn eine der möglichen charakteristischen Eigenschaften beschrieben wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

CW2 Bildung & Entstehung	CW2a: Primäres Mikroplastik Typ A	Die Befragten beschreiben primäres Mikroplastik Typ A als Mikroplastikpartikel, die in dieser Größe produziert worden sind und sich in diversen Produkten, wie bspw. Peelings, wiederfinden lassen.	„Ja erstens: Primär wird ja hergestellt. Extra für einen gewissen Zweck, zum Beispiel jetzt in Peelings. Das heißt, da hat man ja noch die Kontrolle darüber und das ist ja sozusagen extra von der Industrie angefertigt.“ (C73TK_MP1_I)	Erfüllt, wenn als primäres Mikroplastik Typ A Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die bewusst in dieser Größe produziert worden sind. Die Benennung als primäres Mikroplastik Typ A ist nicht notwendig.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW2b: Primäres Mikroplastik Typ B	Die Befragten beschreiben primäres Mikroplastik Typ B als Mikroplastikpartikel, die bei der Nutzung von Gegenständen, die Kunststoff enthalten, entstehen, wie bspw. Reifenpartikel.	„Die Freisetzung von primären Mikroplastik Typ B erfolgt durch Reifenabrieb (wird momentan als größte Eintragsquelle für MP gesehen) oder den Eintrag von Fasern durch das Waschen synthetischer Kleidung“ (V8UOP_MP1_Po)	Erfüllt, wenn als primäres Mikroplastik Typ B Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die bei der Nutzung entstehen. Die Benennung als primäres Mikroplastik Typ B ist nicht notwendig.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW2c: Sekundäres Mikroplastik	Die Befragten beschreiben sekundäres Mikroplastik als Mikroplastikpartikel, die durch Verwitterung oder Fragmentierung (mechanisch, chemisch, biologisch) von Makrokunststoffen in der Umwelt entstehen, wie bspw. Zerfall von Plastiktüten.	„Sekundäres MP entsteht durch physikalische, biologische und chemische Degradation aus Makro oder Mesoplastik.“ (ZNNIC_MP1_Po)	Erfüllt, wenn als sekundäres Mikroplastik Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die durch Verwitterung oder Fragmentierung entstehen. Die Benennung als sekundäres Mikroplastik ist nicht notwendig.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
CW3 Folgen	CW3a: Rückstände von Mikroplastik finden sich fast überall	Die Befragten erläutern, dass, aufgrund der weitverbreiteten Verwendung von Kunststoffen, Mikroplastik mittlerweile in vielen Bereichen der (Um-) Welt zu finden ist.	„Also wenn man überlegt, es gibt halt primäres, sekundäres Mikroplastik und der größte Anteil ist ja tatsächlich vom Reifenabrieb, also von Autos. Und dann es ist ja ein einfacher Prozess. Es regnet, das kommt in die Kanalisation, das kommt dann in die Flüsse, in die Meere und so weiter und Tiere fressen es auf. Und ja das Einfachste ist: Der Fisch landet bei uns auf dem Teller und wir essen dann dementsprechend den Fisch und nehmen dann auch Mikroplastik zu uns auf“ (AADM6_MP1_I)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik in vielen Bereichen der (Um-) Welt zu finden ist.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW3b: Mikroplastik kann die Gesundheit von Menschen und Tieren beeinträchtigen	Die Befragten stellen heraus, dass dennoch einige Studien zeigen, dass Mikroplastik die Gesundheit von Tieren beeinflussen kann, wie entstehende Fütterungsstörungen, Verletzungen oder Geschwüre. In Bezug auf den Menschen liegen keine gesicherten Ergebnisse vor, doch können aufgrund der Reaktionen von Tieren entsprechende Rückschlüsse gezogen werden.	„Bei Meerestieren wurden jedoch negative Effekte festgestellt. so schädigt Mikroplastik das Gewebe von Muscheln, oder reduziert die Aktivität von Wattwürmern.“ (9U0VB_MP_Po)	Erfüllt, wenn mögliche Beeinflussungen von Mikroplastik auf die Gesundheit von Menschen und Tieren thematisiert werden.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW3c: Mikroplastik kann die Umwelt beeinträchtigen	Die Befragten erläutern, dass Erkenntnisse über Auswirkungen von Mikroplastik in Bezug auf die Umwelt, beson-	„Folgen für die Umwelt sind die Verschmutzung vieler Lebensräume (Gewässer, Böden...)“ (RNZXE_MP1_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik die Umwelt beeinträchtigen kann.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

		ders aufgrund der Komplexität, inkonsistent sind. Dennoch ist davon auszugehen, dass Mikroplastik, vor allem aufgrund der Absorptionsfähigkeit von Umweltschadstoffen, Schädigungen hervorrufen kann.			
	CW3d: Gesicherte Erkenntnisse der Folgen für Lebewesen und Umwelt liegen derzeit nicht endgültig vor und es besteht ein Forschungsdesiderat	Die Befragten erläutern, dass zu Auswirkungen von Mikroplastik auf Lebewesen und Umwelt noch keine gesicherten Ergebnisse vorliegen und die Datenlage, bspw. zum Umweltbereich Wasser, limitiert, spekulativ und inkonsistent ist. Es wird erläutert, dass ein Forschungsdesiderat besteht.	„Folgen für Organismen sind noch recht wenig untersucht, allerdings gibt es teilweise Anzeichen für einen schädlichen oder zumindest stressenden Faktor durch MP“ (RNZXE_MP1_Po) „Dass diese Auswirkungen einfach auch noch unerforscht sind oder man da noch keine zuverlässigen Daten zu hat.“ (9N5VM_MP1_I)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass gesicherte Erkenntnisse über die Folgen von Mikroplastik für Lebewesen und Umwelt derzeit nicht endgültig vorliegen. Auch erfüllt, wenn ein Forschungsbedarf aufgrund der Forschungslücken und der Unsicherheiten begründet wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW3e: Mikroplastikpartikel können als Schadstofftransporter wirken	Die Befragten stellen heraus, dass sich Schadstoffe an Mikroplastikpartikeln aufgrund von Adsorption anreichern und sich auf diese Weise mithilfe von Mikroplastikpartikeln verteilen können, sodass Mikroplastikpartikel als Schadstofftransporter wirken können.	„Mikroplastik kann schädlich sein, da sich an seiner Oberfläche Bakterien ansiedeln können und so in lebende Organismen transportiert werden.“ (2NQGB_MP1_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass sich Schadstoffe an Mikroplastikpartikel anreichern können. Auch erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastikpartikel als Schadstofftransporter fungieren können. Es ist nicht notwendig, dass dies mit dem Begriff Adsorption erläutert wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zum Wissen über Grenzwerte zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik

Untersuchungsfrage: Über welches Wissen über Grenzwerte verfügen Chemielehramtsstudierende in Bezug zur Partizipation an Diskursen von Mikroplastik als SSI vor und nach der Intervention?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie		Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
GW1 Grenzvertcharakteristika	GW1a: Intention von Grenzwerten	Die Befragten stellen heraus, dass Grenzwerte die Erhaltung und Sicherung der Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Umwelt sowie die Verringerung entsprechender Risiken zum Ziel haben. Sie sind ein zentrales Instrument der Gesundheits- und Umweltpolitik.	„Diese sollen dafür sorgen, dass Menschen und die Umwelt vor Risiken, die der Stoff birgt, geschützt werden“ (C73TK_MP1_Po) „Das heißt, wir müssen den Grenzwert so anpassen, dass es eben für die Menschen nicht gefährlich ist.“ (9N5VM_MP1_I)	Erfüllt, wenn die Erhaltung oder Sicherung der Lebensgrundlagen, oder die Verringerung entsprechender Risiken als Intentionen von Grenzwerten beschrieben werden. Im Fokus dieser Kategorie stehen die grundlegend bezweckten, d. h. intendierten, Ziele von Grenzwerten auf einer normativen Ebene. Die Intention zielt auf eine Soll-Erwartung ab, die eine die Wirkung haben soll; hier, dass durch Grenzwerte Lebensgrundlagen von Menschen, Tieren und Umwelt erhalten und gesichert, sowie entsprechende Risiken verringert werden sollen.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW1b: Funktionen von Grenzwerten	Die Befragten erläutern die regulierende Funktion von Grenzwerten über die institutionelle Überwachung und die Sanktionierung bei Überschreitungen. Die Befragten erläutern die über Gefahrenpotentiale und Sanktionen informierende Funktion von Grenzwerten.	„Das heißt: Sollte eine erhöhte Konzentration dann irgendwo festgestellt werden, müssen einfach Mittel ergriffen werden, um das Ganze dann wieder auch auf ein (.) unschädliches Niveau quasi zu bringen. Für den Menschen oder die Umwelt.“ (V8UOP_MP1_I) „Grenzwerte zeigen an, ab welcher Konzentration ein Stoff gefährlich oder bedenklich ist. dazu Paracelsus: "Die Menge macht das Gift."“ (HCQXA_MP1_Po)	Erfüllt, wenn die informierende oder die regulierende Funktion beschrieben wird. Die Kategorie zielt darauf ab, Aussagen zu kodieren, die thematisieren, wie Grenzwerte sich auf Menschen und Institutionen auswirken bzw. auf welche Art und Weise Grenzwerte zur Erreichung ihrer Intention wirken.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW1c: Überwachung	Die Befragten erläutern, dass die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte mit standardisierten Methoden und durch den	„des Weiteren ist auch eine Messung, sowohl bezüglich Freisetzungsquellen von MP als auch Messungen in Boden, Wasser, Luft schwierig, da MP aus vielen verschiedenen Kunststoff-Arten besteht, und sich Messungen als sehr aufwändig	Erfüllt, wenn benannt wird, dass die Überwachung der Einhaltung durch den Staat erfolgt. Auch erfüllt, wenn die Überwachung der Einhaltung der	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

		Staat erfolgt. Dabei werden Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen problematisiert und reflektiert.	gestalten. Das Kriterium der Messbarkeit von MP und somit auch die Kontrollierbarkeit von Grenzwerten ist (noch) nicht gegeben.“ (V8UOP_MP1_Po)	Grenzwerte generell thematisiert, problematisiert oder reflektiert wird.	
	GW1d: Konkreter Grenzwert wird benannt und diskutiert	Ein möglicher konkreter Grenzwert des in Rede stehenden Gegenstandes wird benannt, abgegrenzt und diskutiert.	„Plastik im Allgemeinen ist ja nur ein Überbegriff, also Kunststoffe im Allgemeinen. Da fallen ja schon ja sehr viele Stoffe drunter. Das heißt, da ist eigentlich schon schwierig einen Grenzwert für alle zu setzen, denn jeder Kunststoff hat andere Eigenschaften. Ja, adsorbiert zum Beispiel anders zum Beispiel Schwermetalle. Der eine adsorbiert mehr, der andere absorbiert [sic!] weniger.“ (C73TK_MP1_I)	Erfüllt, wenn in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand ein (möglicher) Grenzwert oder Ansätze zu einem Grenzwert thematisiert werden. Auch erfüllt, wenn thematisiert wird, dass aktuell kein Grenzwert gesetzt werden kann.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
GW2 Grenzwertsetzung	GW2a: Grenzwertsetzung	Die Befragten erläutern, dass Grenzwerte in einem gestuften und interdisziplinären Prozess gesetzt werden. Dabei werden verschiedene Wissenschaftsdomänen mit ihren spezifischen Ansichten und Ansätzen berücksichtigt und die Politik als Grenzwerte festlegender Akteur über Gesetzestexte beschrieben.	„Grenzwerte sind durch eine wissenschaftliche Grundlage, politisch und rechtlich verbindlich festgelegte Richtwerte“ (V8UOP_MP1_Po)	Erfüllt, wenn Grenzwertsetzung als gestufter und bzw. oder interdisziplinären Prozess gekennzeichnet wird. Erfüllt, wenn beschrieben wird, dass Grenzwert von der Politik schlussendlich beschlossen wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW2b: Grenzwertsetzung als kontroverser Prozess	Die Befragten erläutern, dass die Setzung von Grenzwerten verschiedene, oft kontroverse, Sichtweisen berücksichtigt und durch eine Entscheidung der Politik eine Art Kompromiss entsteht. Gleichwohl bleibt das Spannungsfeld zwischen den Akteuren bestehen und besteht in kontroversen gesellschaftlichen Diskursen fort. Es wird deutlich, dass neben wissenschaftlichen Sichtweisen auch weitere Akteure im Grenzwertsetzungsprozess mitwirken.	„Auch die gesellschaftliche Akzeptanz eines Grenzwertes spielt bei der Festsetzung eine Rolle. Letztlich steht die Grenzwertfindung immer in einem Spannungsfeld zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik“ (9N5VM_MP1_Po) „Da gibt es natürlich Spannungen. Gerade auch hinsichtlich verschiedener Interessen. Weil gerade auch da eine riesige Lobby hinter steckt und auch politisch das unheimlich schwierig ist und die einen wollen dann natürlich höhere Grenzwerte haben, die Anderen niedrigere. Das ist natürlich unheimlich mit Spannungen und Reibungen verbunden.“ (H435H_MP1_I)	Erfüllt, wenn deutlich wird, dass bei der Setzung von Grenzwerten verschiedene, oft kontroverse, Sichtweisen, die in einem Spannungsfeld zueinanderstehen, grundlegend und bzw. oder beeinflussend für die jeweilige Entscheidung der Politik sein können.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW2c: Erkenntnismethoden	Die Befragten erläutern, dass die Erkenntnisgewinnung zu Grenzwerten und ihren Risiken im Rahmen von Grenzwertsetzungen grundlegend auf Experimente, Modelle, die auf Rechnungen und Abschätzungen basieren, oder Statistiken, welche mit Hilfe von mathematischen Methoden abstrahiert werden, aufbauen.	„Grenzwerte werden in der Regel durch wissenschaftliche Versuche hinsichtlich potenzieller Auswirkungen festgesetzt.“ (9N5VM_MP1_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Grenzwertsetzungen grundlegend auf wissenschaftliche Erkenntnisse, die empirisch, zumeist aus Experimenten, gewonnen worden sind, aufbauen. Dies ist auch implizit möglich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

	GW2d: Grenzwertsetzung berücksichtigt Risikoabschätzungen	Die Befragten erläutern, dass Grenzwertsetzungen Risikoabschätzungen vorausgehen. Hier wird das Risiko zunächst identifiziert, dann analysiert und schließlich beurteilt. Um ein Risiko abschätzen zu können, muss der Gegenstand definiert sein.	„Grundlage für die Festlegung von Grenzwerten sind Analysen und Risikocharakterisierungen“ (9U0VB_MP1_Po) „Wir können die Grenzwerte ja erst dann einführen, wenn die Gesellschaft im Grunde genommen weiß, wofür wir sie eigentlich brauchen. Ansonsten haben wir das Problem, dass die Gesellschaft sagt: (..) Wofür? Ich weiß nicht warum. Ich weiß nicht wieso. Mache ich nicht. (.) Und da ist dann einfach das Problem, dass wir diese Risikoabschätzung brauchen, um einen Grund dafür zu haben, warum wir eigentlich diese Grenzwerte einführen können“ (KMQQ8_MP1_I)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass bei Grenzwertsetzungen, wie auch bei Grenzwerten grundsätzlich, Risikoabschätzungen berücksichtigt werden. Auch erfüllt, wenn Herausforderungen bei Risikoabschätzungen thematisiert werden. Dies ist auch implizit möglich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik

Frage: Inwiefern findet durch Chemielehramtsstudierende eine Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an Diskursen von Mikroplastik als SSI vor und nach der Intervention statt?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie	Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
RE Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI	REa: Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI (Ebene: Naturwissenschaften)	„zum anderen sind die Messungen von Mikroplastikkonzentrationen so schwierig und so aufwendig, weil es eben auch nicht nur, dass eine Mikroplastik gibt, sondern ja ganz tausende verschiedene Arten von Mikroplastik, weil es ja auch ganz viele verschiedene Arten von Kunststoffen gibt, was natürlich dann sich auch wieder auf die Messung auswirkt, nicht? Dass man natürlich dann auch andere Messmethoden (.) benutzen muss.“ (V8UOP_MP1_I) „also man muss ja eine Definition von einem Gegenstand haben, um da auch eine ordentlich fundierte Forschung zu haben.“ (9U0VB_MP1_I)	Erfüllt, wenn naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden anhand von Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen erläutert, problematisiert oder reflektiert werden. Denn um etwas erforschen zu können, muss das Forschungsobjekt definiert sein.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	REb: Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (Ebene: Gesellschaft)	Die Befragten erläutern die Ungleichheit von Laien und Experten im Zugang zu Wissen. Sie gehen reflektiert mit unterschiedlichen Expertenmeinungen, die mitunter vorläufig sind, um. Experten können eine Expertise zu einem Gegenstand abgeben, dabei sind bei (natur-) wissenschaftlichen Erkenntnissen epistemische Unsicherheiten möglich. Experten, wie auch Laien, stellen besondere Perspektiven auf einen Gegenstand dar. Erkenntnisse der Wissenschaft in Bezug auf ihre An- und Verwendung innerhalb von Gesellschaft bzw. Politik werden thematisiert, problematisiert und reflektiert, hierbei kann auf die Rolle der Medien in der Kommunikation eingegangen werden. Es wird darauf „also haben wir selbst festgestellt – dass es sehr schwierig ist, gewisse Sachen überhaupt herauszufinden. (..) Also jetzt zu gewissen, also wann was verbraucht wird, also sozusagen der Verbraucher, da findet man viel zu, aber wenn man jetzt zum Beispiel tiefer in die Materie eindringen möchte, oder in gewisse Firmen, findet man da doch sehr wenig.“ (C73TK_MP1_I) „Also wenn man das Bundesamt für Risikobewertung hatte ich da glaube ich mal ein Zitat rausgesucht. Ja es ist wahrscheinlich nicht so, dass gesundheitsgefährdende Effekte ausgehen. Aber natürlich so, dass man sich da nicht festlegt, und ich glaube das eignet sich einfach nicht so richtig gut für eine spektakuläre Schlagzeile, die sich dann auch verkauft, nicht? ((lacht)) Und deswegen ist, glaube ich, so die Kommunikation Wissenschaft-Medien so ein bisschen schwierig was das Thema Mikroplastik angeht, weil zum einen natürlich die Medien, aber auch die Bevölkerung, glaube ich, klare Fakten haben möchte, die Wissenschaft	Erfüllt, wenn Aussagen Erkenntnisse der Wissenschaft in Bezug auf ihre An- und Verwendung innerhalb von Gesellschaft und Politik oder in Bezug zum Vorläufigkeitscharakter oder in Bezug zu epistemischen Unsicherheiten thematisieren. Ebenso erfüllt, wenn, Verhältnisse von Experten und Laien bspw. in Bezug zum Zugang zu Wissen oder in Bezug zum Eindeutigkeitsanspruch der Laien an (natur-) wissenschaftliche Erkenntnisse thematisiert, problematisiert oder reflektiert werden. Dabei ist es nicht notwendig, dass sowohl Experten als auch Laien explizit als	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

		eingegangen, inwiefern sich die epistemische Pluralität von Wissenschaft mit Eindeutigkeitsanforderungen von Seiten der Politik vereinbaren lassen.	das aber im Moment natürlich nicht so kommunizieren kann.“ (V8UOP_MP1_I)	solche benannt bzw. deren Positionen berücksichtigt werden.	
	REc: Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen (Ebene: Subjekte).	Die Befragten thematisieren, problematisieren und reflektieren Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen zur Partizipation des einzelnen Subjekts in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand und einhergehende Diskurse.	„Wenn ich das für mich in meinem Rahmen einschränken oder reduzieren kann und damit irgendwie (.) helfen kann, wobei das natürlich so in kleinen Dimensionen ist, dass das jetzt nicht großartig was ändern wird, aber wenn das halt jeder machen würde, wäre es natürlich dann nochmal was anderes und da versuche ich auf jeden Fall dann drauf zu achten“ (ZNNIC_MP1_I) „Desto mehr Leute sich für das Thema interessieren, desto mehr wird die Politik da auch einlenken. Das ist halt wie in der Wirtschaft auch, also im Endeffekt Interesse und Handlung oder Nachfrage – genau dasselbe“ (C73TK_MP1_I) „Weil viele Leute nicht wissen, was in ihren Produkten drin ist. Also man hat ja immer schön aufgelistet die Inhaltsstoffe und dann wirft man da als Nicht-Chemiker einmal den Blick drauf und dreht die Flasche ganz schnell wieder um, weil da ganz viele komplizierte Begriffe draufstehen. Aber im Endeffekt, ich habe auch, wir haben, es gibt ja diese App Toxfox, mit der man ja auch scannen kann. Wo man dann nicht nur Mikroplastiksachen gesagt bekommt, wenn die drin sind, sondern auch irgendwelche krebserregenden Stoffe. Und ich finde das schon auch irgendwie interessant, aber auch gleichzeitig schockierend, was alles so in den Produkten drin ist. Und das ist ja auch also, wenn man das nicht weiß auch gerade so, wenn man sich mit Plastik die Zähne putzt, das ist schon auch ein bisschen komisch.“ (9N5VM_MP1_I)	Erfüllt, wenn Grundlagen, Möglichkeiten oder Grenzen zur Partizipation des einzelnen Subjekts in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand und einhergehende Diskurse thematisiert, problematisiert oder reflektiert werden. Dies umfasst auch Reflexionen über die Folgen von Verhaltensweisen, bspw. im Konsumbereich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

10.3.1.2 Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zum chemischen Fachwissen zur Partizipation an SSI-Diskursen um Schadstoffe in der Luft

Untersuchungsfrage: Über welches chemische Fachwissen verfügen Chemielehramtsstudierende in Bezug zur Partizipation an Diskursen von Schadstoffen in der Luft als SSI vor und nach der Intervention?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie		Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
CW1 Charakteristische Eigenschaften	CW1a: Nennung der Oxide des Kohlenstoffs	Die Befragten nennen die Oxide des Kohlenstoffs (CO und CO ₂ , ausgenommen sind die Anhydride der Malonsäure und der Mellithsäure).	„Kohlenstoffdioxid“ (2URZ8_SidL_Pr) „Kohlenstoffmonoxid“ (AAIN0_SidL_Po)	Erfüllt, wenn bspw. Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid genannt werden, hier zählen auch Summenformeln.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1b: Nennung der Oxide des Stickstoffs	Die Befragten nennen die Oxide des Stickstoffs.	„Stickstoffmonoxid“ (4HKTM_SidL_Pr) „Oxide des Stickstoffs: Stickstoffmonoxid“ (PHNGB_SidL_Po)	Erfüllt, wenn bspw. Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid genannt werden, hier zählen auch Summenformeln.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1c: Nennung der Aggregatzustände	Die Befragten nennen die Aggregatzustände der genannten Oxide unter Normalbedingungen.	„Die Oxide sind alle gasförmig“ (BTMCA_SidL_Pr) „Stickstoffmonoxid (NO) ist ein farbloses Gas (bei RT und Standarddruck)“ (12Q7P_SidL_Po)	Erfüllt, wenn zu allen von den Befragten aufgeführten Oxiden des Kohlenstoffs und des Stickstoffs die Aggregatzustände genannt werden.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1d: Charakteristische Eigenschaften der Oxide des Kohlenstoffs	Die Befragten benennen CO ₂ als Bestandteil der Luft, betten es in die Prozesse der Photosynthese ein und bezeichnen es als relevant für den Klimawandel. Die Befragten nennen die Toxizität des Kohlenstoffmonoxids.	„giftig, höhere Affinität an Hämoglobin zu binden, als O ₂ “ (AAIN0_SidL_Pr) „Kohlenstoffmonoxid ist zudem leicht entzündbar.“ (BTMCA_SidL_Po)	Erfüllt, wenn eine der möglichen charakteristischen Eigenschaften beschrieben wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1e: Charakteristische Eigenschaften der Oxide des Stickstoffs	Die Befragten benennen die Toxizität und die Dimerisation des Stickstoffdioxids. Die Befragten benennen die Toxizität von Stickstoffmonoxid. Die Befragten benennen als weitere Oxide des Stickstoffs z. B. Lachgas, (N ₂ O) mit den einhergehenden Anwendungen, wie die	„Distickstoffmonoxid wird als Narkosemittel verwendet.“ (4HKTM_SidL_Pr) „Sonst wird es bei Turnern häufig bei der Lachgaseinspritzung verwendet, da es verhältnismäßig zur Luft (21 %) mehr Sauerstoff-Anteil enthält, weshalb es die Motorleistung steigern müsste.“ (12Q7P_SidL_Po)	Erfüllt, wenn eine der möglichen charakteristischen Eigenschaften beschrieben wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

		Verwendung als Lebensmittelaerosol, als Treibgas oder als Narkotikum.	„In der Komplexchemie stellt es meines Wissens nach einen non-innocent-Ligand dar (Oxidationsstufe des Zentralatoms nicht genau nachvollziehbar).“ (12Q7P_SidL_Po)		
CW2 Bildung & Entstehung	CW2a: Produktion der Oxide des Kohlenstoffs	Die Befragten beschreiben Kohlenstoffdioxid als Produkt bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Materialien, als eingebunden in den Kohlenstoffkreislauf und damit als Produkt der Zellatmung. Die Befragten beschreiben Kohlenstoffmonoxid als Produkt bei der sauerstoffarmen Verbrennung kohlenstoffhaltiger Materialien.	„Kohlenstoffdioxid, aber auch Kohlenstoffmonoxid sind Produkte einer Verbrennung“ (PHNGB_SidL_Pr.) „Kohlenstoffdioxid wird zunächst einmal von jedem Lebewesen beim Atmen produziert. Darüber hinaus entsteht es bei Verbrennungen.“ (BTMCA_SidL_Pr) „Auch entsteht CO ₂ , genauso wie Stickoxide, bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen.“ (HB0JU_SidL_Po) „bei der der Fischer-Tropsch-Synthese (unter Energieeinsatz)“ (MINNF_SidL_Po)	Bezüglich CO ₂ erfüllt, wenn die Verbrennung kohlenstoffhaltiger Materialien genannt wird. Bezüglich CO erfüllt, wenn die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Materialien zur Erzeugung von CO als sauerstoffarm oder als unvollständig beschrieben wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW2b: Freisetzungsorte der Oxide des Kohlenstoffs	Die Befragten geben an, dass Kohlenstoffdioxid vor allem in der Industrie, im Verkehrssektor, durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie Kraftstoffe, sowie in der Landwirtschaft freigesetzt wird. Die Befragten geben an, dass Kohlenstoffmonoxid hauptsächlich von Automotoren freigesetzt wird.	„Die Oxide des Kohlenstoffs werden beispielsweise durch KFZ produziert.“ (MINNF_SidL_Pr) „Außerdem wird es freigesetzt durch Kohlegrills, Kamine, Belüftungsgeräte mit Verbrennungsmotoren und Waldbrände.“ (EMUBX_SidL_Po) „Dies betrifft beispielsweise die Industrie, dem Verkehr und der Energiewirtschaft.“ (12Q7P_SidL_Po)	Erfüllt, wenn entweder der Verkehrssektor oder die Industrie als ein zentraler Ort der Kohlenstoffdioxid-Emission genannt werden. Erfüllt, wenn das Auto als Freisetzungsort von CO genannt wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW2c: Produktion der Oxide des Stickstoffs	Die Befragten beschreiben, dass NO ₂ ein Nebenprodukt der Verbrennung fossiler Energieträger darstellt und Gewitter eine natürliche Quelle von atmosphärischem Stickstoffdioxid darstellen. Die Befragten nennen das Ostwald-Verfahren als aktuelles Verfahren der NO-Darstellung, sowie die Salpetersäureherstellung, bei der NO als Nebenprodukt entsteht.	„Stickoxide: Ausstoß durch Verbrennung von Öl oder Kohle, auch durch natürliche Vorgänge“ (HTEB6_SidL_Pr). „Dieses Gas entsteht (sowohl) bei der Reduktion von Salpetersäure mit Kupfer als auch bei Verbrennungsmotoren.“ (EMUBX_SidL_Po) „Stickstoffdioxid (NO ₂) entsteht als Nebenprodukt bei jeder Verbrennung fossiler Energieträger, wie Gas, Kohle und Öl“ (AAIN0_SidL_Po). „Durch die hohen vorhandenen Temperaturen entsteht im Motor zuerst Stickstoffmonoxid und dann später bei niedrigeren Temperaturen wieder Stickstoffdioxid. Auch bei anderen Verbrennungsprozessen mit hohen Temperaturen entstehen demnach sehr wahrscheinlich Stickoxide analog“ (12Q7P_SidL_Po).	Bezüglich NO ₂ erfüllt, wenn benannt wird, dass NO ₂ entweder als Nebenprodukt der Verbrennung fossiler Energieträger oder bei Gewittern entsteht. Bezüglich NO erfüllt, wenn entweder das Ostwald-Verfahren oder die Salpetersäureherstellung genannt werden.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW2d: Freisetzungsorte der Oxide des Stickstoffs	Die Befragten benennen die Verbrennung fossiler Brennstoffe und damit den Verkehrssektor als großen Stickstoffdi- und monoxid-Freisetzungsort.	„Stickoxide werden durch Autoabgase freigesetzt. NO wird zudem bei Verbrennungsprozessen frei“ (1C4BV_SidL_Pr). „Nox... ist daher auch Bestandteil der Abgase von Kraft- und Luftfahrzeugen, von Öl- und Gas-Heizkesseln sowie von Gas- und Kohlekraftwerken“ (AAIN0_SidL_Po)	Erfüllt, wenn der Verkehrssektor als Freisetzungsort benannt wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

CW3 Folgen	CW3a: CO ₂ als relevant für anthropogenen Klimawandel	Die Befragten bezeichnen Kohlenstoffdioxid als Treibhausgas oder als relevant für den Klimawandel.	„Ja, die Auswirkungen von Kohlenstoffdioxid sind, dass sie das Potential haben(,) den Planeten zu erwärmen.“ (EMUBX_SidL_Pr) „Oxide des Kohlenstoffs sind Treibhausgase. Durch Anlage- rung in der Atmosphäre verstärken sie den Treibhauseffekt.“ (4HKTm_SidL_Po) „Es ist das wichtigste Treibhausgas, da es mengenmäßig sehr stark vorkommt und unter anderem anthropogen gebildet wird.“ (12Q7P_SidL_Po) „Also die erste Assoziation war auch am Anfang des Seminars erstmal natürlich Kohlenstoffdioxid, was ja mit das Treibhaus- gas ist, weshalb es ja diesen ganzen (unv.) Treibhauseffekt gibt [unv.] dieser ganze Klimawandel sich dann eben verstärkt.“ (BTMCA_SidL_I)	Erfüllt, wenn für CO ₂ mit dem Klima- wandel oder der Erderwärmung kontex- tualisiert wird.	Erfüllt: 1 Nicht er- füllt: 0
	CW3b: Wirkungsweise Koh- lenstoffdioxid als Treibhausgas	Die Befragten erläutern die Wirkungs- weise Kohlenstoffdioxids als Treibhaus- gas über die IR-Aktivität, die die Wärme- abstrahlung verhindert und damit die Er- höhung der durchschnittlichen Jahres- temperatur ermöglicht.	„Kohlenstoffdioxid (CO ₂) ist ein Treibhausgas und kann die Infrarotstrahlung durch Schwingungs- und Rotationsanregung absorbieren. Es strahlt die IR-Strahlung in alle Richtungen zu- fällig und damit auch wieder Richtung Erde zurück aus der At- mosphäre, wodurch es zum Treibhauseffekt kommt.“ (12Q7P_SidL_Pr) „Kohlenstoffdioxid absorbiert einen Teil der Wärmestrahlung, was schädlich für die Umwelt, wie Tiere, Pflanzen, Menschen und die Atmosphäre ist, wodurch es zur Erderwärmung kommt.“ (AAIN0_SidL_Po) „Charakteristisch ist somit, dass es Teile der IR-Strahlung durch Schwingungsanregung absorbieren kann und wieder IR- Strahlung ausstrahlt, welches wieder auf die Erde zurück- strahlt.“ (12Q7P_SidL_Po) „Fangen wir mal an mit den [sic] CO ₂ . Das verstärkt eh nur (unv.) diesen Treibhauseffekt. Also das hat jetzt vielleicht we- niger Auswirkungen an sich auf Menschen, oder auch Umwelt, sondern das hat halt [unv.] zur Folge, dass sich die Erde durch das Sonnenlicht immer weiter aufwärmt, weil das, ich meine, da bin ich mir jetzt aber unsicher, das lagert sich da ja irgendwie so an der Atmosphäre oben an, sodass halt die ganze Hitze nicht mehr aus der Atmosphäre wieder austreten kann, sodass sich eben dann die Erde aufheizt.“ (BTMCA_SidL_I)	Erfüllt, wenn die verminderte Wärmeab- strahlung der Erde mit der IR-Aktivität von Kohlenstoffdioxid erklärt wird.	Erfüllt: 1 Nicht er- füllt: 0
	CW3c: Folgen des Klimawan- dels	Die Befragten nennen Folgen des Kli- mawandels, wie den Anstieg des Meeres- spiegels sowie Versauerung und Erwär- mung der Meere, Zunahme von Wetter- extremen, Zunahme von Armut und Hungersnöten sowie soziale Konflikten.	„Auswirkungen auf unser Klima, es wird immer wärmer, Wet- terextreme werden häufiger, Pole schmelzen, Meeresspiegel steigt, Arten sterben aus, Wüsten breiten sich aus, Teile der Erde werden unbewohnbar, Nahrungsmittelknappheit, etc.“ (JTF8I_SidL_Po)	Erfüllt, wenn einer der Aspekte genannt wird.	Erfüllt: 1 Nicht er- füllt: 0

	CW3d: Gesundheitliche Aspekte der Stickstoffoxide	Die Befragten schildern gesundheitliche Aspekte der Stickoxide, indem sie Stickoxide als Risikofaktoren für Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen beschreiben und dabei auf die Reizung der Schleimhäute bei Einatmung eingehen. Die Befragten beschreiben die gesundheitsschädliche Wirkung der Stickstoffoxide über die an den Schleimhäuten stattfindende Umwandlung zu salpetriger und Salpetersäure.	„Oxide des Stickstoffs verschmutzen die Luft. Die Luftqualität nimmt ab. Ständiges Einatmen hat einen Effekt auf die Gesundheit und kann Schäden verursachen.“ (4HKTM_SidL_Po) „Stickstoffdioxid kann beim Menschen verschiedene Atemwegserkrankungen auslösen, zum Beispiel Asthma. Es kann aber auch zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Diabetes kommen.“ (BTMCA_SidL_Po) „Bei den Stickoxiden gibt es dann eher Auswirkungen auch auf den Menschen, meistens sind das auch Atemgifte.“ (BTMCA_SidL_Po)	Erfüllt, wenn die gesundheitsschädliche Wirkung benannt wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW3e: Weitere Aspekte der Oxide des Kohlenstoffs und des Stickstoffs	Die Befragten beschreiben die biologische Bedeutung von Kohlenstoffmonoxid. Die Befragten nennen die Beteiligung der Stickstoffoxide an der Produktion von troposphärischem Ozon als weitere Auswirkung.	„kann an das Eisen-Zentralatom des Hämoglobinkomplexes stärker binden als Sauerstoff, da es ein starker Sigma-Donor als auch starke Pi-Rückbindungen bilden kann [sic!]. Die hohe Spezifität wird jedoch etwas geringer, da eine lineare Anordnung sterisch nicht möglich ist, weshalb es meine ich ca. 200-mal stärker als der Sigma- und Pi-Donor Sauerstoff ist (schwacher Ligand).“ (12Q7P_SidL_Pr) „Also die Stickoxide, die sind ja auch teilweise zum Beispiel an der Ozonbildung beteiligt.“ (1C4BV_SidL_I)	Bspw. erfüllt, wenn die Beteiligung der Stickstoffoxide an der Bildung von troposphärischem Ozon geschildert wird oder, wenn die biologische Bedeutung von Kohlenstoffmonoxid ausgeführt wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zum Wissen über Grenzwerte zur Partizipation an SSI-Diskursen um Schadstoffe in der Luft

Untersuchungsfrage: Über welches Wissen über Grenzwerte verfügen Chemielehramtsstudierende in Bezug zur Partizipation an Diskursen von Schadstoffen in der Luft als SSI vor und nach der Intervention?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie		Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
GW1 Grenzwertcharakteristika	GW1a: Intention von Grenzwerten	Die Befragten stellen heraus, dass Grenzwerte die Erhaltung und Sicherung der Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Umwelt sowie die Verringerung entsprechender Risiken zum Ziel haben. Die Befragten stellen heraus, dass Grenzwerte ein zentrales Instrument der Gesundheits- und Umweltpolitik sind.	„Dadurch sollen die Verschmutzungen von giftigen Abfallgasen gering gehalten werden und die Umwelt soll geschützt werden.“ (AAIN0_SidL_Po) „Grenzwerte versuchen in einer Gesellschaft, die aktuell nicht ohne die Stoffe CO _x , NO _x und andere Stoffen und Gase, wie Methan, Feinstaub usw. auskommt Schranken für den Verbrauch dieser Stoffe zu setzen. Dies ist dringend notwendig, da alle der oben genannten Stoffe sowohl auf das Individuum als auch auf die Gesellschaft negative Folgen haben.“ (FFWIA_SidL_Po) „Also Grenzwerte, das ist für mich persönlich sind [sic!] ein Schutz praktisch für die Gesundheit, vor allen Dingen von Mensch und Umwelt und auch Tieren und allen. Also sie schützen praktisch uns vor schweren Folgen, wie zum Beispiel dem Klimawandel.“ (EMUBX_SidL_I)	Erfüllt, wenn die Erhaltung oder Sicherung der Lebensgrundlagen, oder die Verringerung entsprechender Risiken als Intentionen von Grenzwerten beschrieben werden. Im Fokus dieser Kategorie stehen die grundlegend bezweckten, d. h. intendierten, Ziele von Grenzwerten auf einer normativen Ebene. Die Intention zielt auf eine Soll-Erwartung ab, die eine Wirkung haben soll – hier, dass durch Grenzwerte Lebensgrundlagen von Menschen, Tieren und Umwelt erhalten und gesichert, sowie entsprechende Risiken verringert werden sollen.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW1b: Funktionen von Grenzwerten	Die Befragten erläutern die regulierende Funktion von Grenzwerten über die institutionelle Überwachung und die Sanktionierung bei Überschreitungen. Die Befragten erläutern die über Gefahrenpotentiale und Sanktionen informierende Funktion von Grenzwerten.	„Grenzwerte sind Vorgaben, die, wenn sie überschritten werden, negative Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt haben.“ (HTEB6_SidL_Pr) „Ab einem bestimmten Grenzwert besteht die Gefahr von gesundheitlichen Auswirkungen.“ (YQV6D_SidL_Po) „Grenzwerte sind Höchstwerte für die mengenmäßige Emission von Schadstoffen, Lärm et cetera in die Umweltmedien Luft, Wasser und Boden.“ (JTF8I_SidL_Po) „Ja, ich glaube, um es einfach zu erklären, sind Grenzwerte einfach (.) ja, dafür da, um einschätzen zu können, welche	Erfüllt, wenn die informierende oder die regulierende Funktion beschrieben wird. Die Kategorie zielt darauf ab, Aussagen zu kodieren, die thematisieren, wie Grenzwerte sich auf Menschen und Institutionen auswirken bzw. auf welche Art und Weise Grenzwerte zur Erreichung ihrer Intention wirken.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

			Luftschadstoffe in welchen Mengen für die Menschheit oder wo halt eben die Grenze ist.“ (HB0JU_SidL_I)		
	GW1c: Überwachung	Die Befragten erläutern, dass die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte mit standardisierten Methoden und durch den Staat erfolgt. Dabei werden Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen problematisiert und reflektiert.	„Problematisch kann dabei sein, dass es zu massiven Schwankungen der verschiedenen platzierten Geräte führen kann und auch die tägliche Belastung unterschiedlich ausfallen kann.“ (AAIN0_SidL_Pr) „Diese werden durch verschiedene Institutionen wie Schornsteinfeger im privaten Haushalt geprüft.“ (EMUBX_SidL_Po)	Erfüllt, wenn benannt wird, dass die Überwachung der Einhaltung durch den Staat erfolgt. Auch erfüllt, wenn die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte generell thematisiert, problematisiert oder reflektiert wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW1d: Konkreter Grenzwert wird benannt und diskutiert	Ein möglicher konkreter Grenzwert des in Rede stehenden Gegenstandes wird benannt, abgegrenzt und diskutiert.	„Ich denke, es ist schwierig einen Grenzwert für alle Staaten einheitlich festzulegen. Zudem sind wir zum Teil auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Energiegewinnung angewiesen, es müssten auch genügend umsatzbare Alternativen zur Verfügung stehen.“ (PHNGB_SidL_Pr) „Ich sehe vor allem das Problem des Kosten-Nutzen-Faktors. Die Differenzierung von individuellen und gesellschaftlichen Interessen zeigt manchmal eine interessante Wirkung: Das Individuum stört sich nicht daran, einen schlechten Diesel zu fahren. Wenn in der Gesellschaft jedoch alle einen schlechten Diesel fahren, sorgt das dafür, dass der Luftzustand in den Ballungsgebieten schlechter wird. Dieses Dilemma gibt es auch in größeren Dimensionen. Beispielsweise in der Klimakrise bei CO ₂ und Ländern: Profitgier sorgt dafür, dass einige Probleme nicht so ernst genommen werden, bis die Probleme das Land selbst betreffen. Dann ist es jedoch zu spät.“ (FFWIA_SidL_Po)	Erfüllt, wenn in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand ein (möglicher) Grenzwert oder Ansätze zu einem Grenzwert thematisiert werden. Auch erfüllt, wenn thematisiert wird, dass aktuell kein Grenzwert gesetzt werden kann.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
GW2 Grenzwertsetzung	GW2a: Grenzwertsetzung	Die Befragten erläutern, dass Grenzwerte in einem gestuften und interdisziplinären Prozess gesetzt werden. Dabei werden verschiedene Wissenschaftsdomänen mit ihren spezifischen Ansichten und Ansätzen berücksichtigt und die Politik als grenzwertfestlegender Akteur über Gesetzestexte beschrieben.	„Grenzwerte kommen wahrscheinlich durch Beschlüsse der Politik zustande, welche sich an bestimmte Zielen halten müssen z. B. das Pariser Klimaabkommen (nur 1,5 °C Erderwärmung) oder dem Kyoto-Protokoll.“ (12Q7P_SidL_Pr) „Da es sich bei der Festlegung von Grenzwerten um politische Entscheidungen [handelt, Anm. d. V.]“ (S7YQJ_SidL_Po) „Also die Politik wird da beraten von wissenschaftlichen (unv.) Institutionen und die forschen da zum Beispiel zu.“ (HTEB6_SidL_I)	Erfüllt, wenn Grenzwertsetzung als gestufter und bzw. oder interdisziplinärer Prozess gekennzeichnet wird. Erfüllt, wenn beschrieben wird, dass Grenzwerte schlussendlich von der Politik beschlossen werden.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

	GW2b: Grenzwertsetzung als kontroverser Prozess	Die Befragten erläutern, dass die Setzung von Grenzwerten verschiedene, oft kontroverse, Sichtweisen berücksichtigt und durch eine Entscheidung der Politik eine Art Kompromiss entsteht. Gleichwohl bleibt das Spannungsfeld zwischen den Akteuren bestehen, etwa in kontroversen gesellschaftlichen Diskursen. Es wird deutlich, dass neben wissenschaftlichen Sichtweisen auch weitere Akteure im Grenzwertsetzungsprozess mitwirken.	„Ein weiteres Problem bei der Setzung von Grenzwerten ist, dass diese durch Lobbyismus, also durch die Zusammenarbeit von Politik und Industrie, beeinflusst werden.“ (HTEB6_SidL_Po) „Der wichtigste Aspekt dabei ist die Abwägung von Kosten und Nutzen. Dabei stehen sich individuelle und gesellschaftliche Interessen oft gegenüber und im Widerspruch zueinander.“ (FFWIA_SidL_Po) „Grenzwerte bedeuten eine Abwägung zwischen der juristischen Betrachtungsweise und der Risikoabschätzung und auch was wirtschaftlich und industriell gesehen überhaupt machbar ist umzusetzen.“ (PHNGB_SidL_Po)	Erfüllt, wenn deutlich wird, dass bei der Setzung von Grenzwerten verschiedene, oft kontroverse, Sichtweisen, die in einem Spannungsfeld zueinanderstehen, grundlegend und bzw. oder beeinflussend für die jeweilige Entscheidung der Politik sein können.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW2c: Erkenntnismethoden	Die Befragten erläutern, dass die Erkenntnisgewinnung zu Grenzwerten und ihren Risiken im Rahmen von Grenzwertsetzungen grundlegend auf Experimente, Modelle, die auf Rechnungen und Abschätzungen basieren, oder Statistiken, welche mit Hilfe von mathematischen Methoden abstrahiert werden, aufbauen.	„Sie basieren im Grunde auf naturwissenschaftlicher Basis“ (EMUBX_SidL_Po) „Sie kommen nach Messungen von Abgasen und Berechnungen zustande, die unsere Luftverschmutzung messen und prüfen sollen.“ (AAIN0_SidL_Po) „Grenzwerte basieren auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen.“ (MINNF_SidL_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Grenzwertsetzungen grundlegend auf wissenschaftliche Erkenntnisse, die etwa empirisch, zumeist aus Experimenten, gewonnen worden sind, aufbauen. Dies ist auch implizit möglich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW2d: Grenzwertsetzung berücksichtigt Risikoabschätzungen	Die Befragten erläutern, dass Grenzwertsetzungen Risikoabschätzungen vorausgehen. Hier wird das Risiko zunächst identifiziert, dann analysiert und schließlich beurteilt. Um ein Risiko abschätzen zu können, muss der Gegenstand definiert sein.	„Um diese Grenzwerte festzulegen werden Risikoanalysen und Risikobewertungen vorgenommen.“ (HB0JU_SidL_Po) „Und dann wird halt immer so ein Risiko-Nutzen und Kosten-Nutzen-Faktor halt immer gegeneinander abgewogen.“ (HB0JU_SidL_I)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass bei Grenzwertsetzungen, wie auch bei Grenzwerten grundsätzlich, Risikoabschätzungen berücksichtigt werden. Auch erfüllt, wenn Herausforderungen bei Risikoabschätzungen thematisiert werden. Dies ist auch implizit möglich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Schadstoffe in der Luft

Frage: Inwiefern findet durch Chemielehramtsstudierende eine Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an Diskursen von Schadstoffen in der Luft als SSI vor und nach der Intervention statt?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie	Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
RE Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI	REa: Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI (Ebene: Naturwissenschaften).	„Ja, vor allen Dingen, weil die Studien sich ja auch nicht; also sagen wir es mal so, diese Messungen sind sehr ungenau. Sie sind ja praktisch nicht über mehrere Jahre wirklich an einem Standort [sic!], sondern beziehen sich ja auf mehrere Standpunkte, die wirklich nur einmal oder ein paar Mal gemessen wurden und deswegen sehr undeutlich sind.“ (EMUBX_SidL_I) „Alles kann man halt auch nicht zu hundert Prozent nachweisen. Also da müsste es ja Studien geben über keine Ahnung wie viele Jahre.“ (1C4BV_SidL_I)	Erfüllt, wenn naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden anhand von Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen erläutert, problematisiert oder reflektiert werden. Denn um etwas erforschen zu können, muss das Forschungsobjekt definiert sein.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	REb: Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (Ebene: Gesellschaft).	„Die Vermittlung der Problematik und die konkreten Grenzwerte sind an Laien oftmals schwer zu vermitteln. Sie sind von dem Problem dieser Oxide nicht unmittelbar betroffen, bzw. kann es ihnen schwer fallen diese zu erkennen. Farblose Gase sind für sie nicht zu erkennen und die Schäden für den Menschen und die Umwelt treten nicht direkt auf und sind für sie erst langfristig zu erkennen. Jedoch sind die Einschränkungen für sie spürbar und kann sie in ihrem Leben beeinträchtigen.“ (4HKTM_SidL_Po) „Also die Wissenschaftler geben wahrscheinlich selbst einige Grenzwerte an, ob die Politik dann die übernimmt, ist dann immer noch eine andere Frage.“ (BTMCA_SidL_I)	Erfüllt, wenn Aussagen Erkenntnisse der Wissenschaft in Bezug auf ihre An- und Verwendung innerhalb von Gesellschaft und Politik oder in Bezug zum Vorläufigkeitscharakter oder zu epistemischen Unsicherheiten thematisieren. Ebenso erfüllt, wenn Verhältnisse von Experten und Laien bspw. in Bezug zum Zugang zu Wissen oder in Bezug zum Eindeutigkeitsanspruch der Laien an (natur-)wissenschaftliche Erkenntnisse thematisiert, problematisiert oder reflektiert werden. Dabei ist es nicht notwendig, dass sowohl Experten als auch Laien explizit als solche benannt bzw. deren Positionen berücksichtigt werden.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

		eingegangen, inwiefern sich die epistemische Pluralität von Wissenschaft mit Eindeutigkeitsanforderungen von Seiten der Politik vereinbaren lassen.			
	REc: Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen (Ebene: Subjekte).	Die Befragten thematisieren, problematisieren und reflektieren Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen zur Partizipation des einzelnen Subjekts in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand und einhergehende Diskurse.	„Das stimmt mit Sicherheit, dass es da Lobbyismus gibt. Auch wenn ich nicht glaube, dass da Geld vielleicht der ausschlaggebende Faktor ist; natürlich auch, weil natürlich haben Konzerne, die sich auf erneuerbare Energie fokussieren, natürlich haben die einen Vorteil davon, wenn mehr darauf der Fokus gelegt wird. Darum würde ich das auf jeden Fall nicht ausschließen. Aber doch glaube ich, dass es so eine Bewegung gibt, wie eben (unv.) vor allem Fridays For Future, die mit Sicherheit Einfluss auf die Politik hat und damit ja auch Lobbyismus betreiben.“ (HTEB6_SidL_I) „Weil ich denke: Da haben die großen Redebedarf, gerade wenn es auch immer jüngere Schüler jetzt betrifft, zum Beispiel diese Fridays For Future-Bewegung, wo ja [unv.] ganzen Schüler immer mitmachen. Von daher glaube ich, dass von den Schülern aus auf jeden Fall so ein Impuls kommt, dem ich dann auch durchaus entgegenkommen möchte, logischerweise. (4s) Ja und dann bietet sich Klimawandel natürlich auf jeden Fall an.“ (BTMCA_SidL_I) „Also ich finde, das Thema sollte noch viel größer auch in der Gesellschaft vertreten sein und man sollte auch viel früher die Leute darauf ansprechen. Weil man kann halt – ob ich jetzt mein Kind mit dem Auto zur Schule fahre oder ob es zehn Minuten mit dem Fahrrad fährt, finde ich, kann dann auch so ein Oberstufenschüler schon mal für sich entscheiden und sagen, so: Okay, ich fahre jetzt halt mit dem Fahrrad zur Arbeit oder zur Schule oder so. Das sind halt alles so Kleinigkeiten. Aber wenn sich dann irgendwie schon 100 Leute oder 1000 Leute das gleiche denken, dann ist das irgendwann schon relativ viel, was man damit erreichen kann.“ (1C4BV_SidL_I)	Erfüllt, wenn Grundlagen, Möglichkeiten oder Grenzen zur Partizipation des einzelnen Subjekts in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand und einhergehende Diskurse thematisiert, problematisiert oder reflektiert werden. Dies umfasst auch Reflexionen über die Folgen von Verhaltensweisen, bspw. im Konsumbereich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

10.3.1.3 Teilstudie 3: Mikroplastik

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zum chemischen Fachwissen zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik:

Untersuchungsfrage: Über welches chemische Fachwissen verfügen Chemielehramtsstudierende in Bezug zur Partizipation an Diskursen von Mikroplastik als SSI vor und nach der Intervention?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie		Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
CW1 Charakteristische Eigenschaften	CW1a: Klassifizierung von Kunststoffpartikeln als Mikroplastik	Die Befragten unterscheiden Mikroplastik von Makro- oder Mesoplastik aufgrund der Größe.	„unter Mikroplastik verstehe ich kleine Teile (verschiedener Größe) von Kunststoffen“ (G3WDG2H7_MP2_Pr) „Mikroplastik sind kleinste Plastikpartikel (irgendwas im Bereich Mikrometer glaube ich)“ (MH9X3TK6_MP2_Pr) „Unter Mikroplastik verstehe ich Plastikstücke, die eine bestimmte Größe (sehr kleine) aufweisen.“ (W6MFAH09_MP2_Pr) „Mikroplastik (MP) sind Plastikpartikel von geringer Größe.“ (MYUJO69M_MP2_Po) „Mikroplastik sind sehr kleine Plastikpartikel“ (C7Q81EDU_MP2_Po) „Mikroplastik sind Kunststoffteilchen, welche Mikroskopisch klein sind.“ (GFEOR0G3_MP2_Po)	Erfüllt, wenn Mikroplastikpartikel als Kunststoffpartikel aufgrund der Größe kategorisiert werden. Bspw. als kleine Partikel.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1b: Ober- und Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik	Die Befragten nennen 5 mm als (EU-weite) Obergrenze für Mikroplastik. Die Befragten stellen heraus und problematisieren, dass es keine einheitlich definierte Untergrenze der Partikelgröße gibt. Die Untergrenzen der Partikelgrößen liegen ca. im Bereich 100 nm – 1 µm.	„Mikroplastik sind Teilchen unter einer bestimmten Größe (Definition nicht eindeutig, z.B. unter 5 mm), die aus Kunststoffen bestehen.“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „Mikroplastik sind kleine Teilchen an Kunststoff, für die die Obergrenze der Größe von 5 mm von den meisten EU-Ländern akzeptiert wird, wobei es jedoch bei der Untergrenze problematisch wird. Dabei gibt es noch keine standardisierte Definition“ (W6MFAH09_MP2_Po) „Also klar, auf jeden Fall, ich würde sagen da, ja gibt es mit den Größenordnungen, wenn die einfach nur als Definition genommen werden, ist das in dem Bereich auf jeden Fall nicht unbedingt hilfreich.“ (G3WDG2H7_MP2_I)	Erfüllt, wenn Herausforderungen der einheitlichen Mikroplastikpartikelgrößendefinition thematisiert werden. Erfüllt, wenn Ober- oder Untergrenze der Partikelgröße von Mikroplastik thematisiert wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

	CW1c: Mikroplastik schließt verschiedenste Polymerarten ein	Die Befragten bezeichnen Mikroplastik als Sammelbegriff, der verschiedenste Kunststoffe umfasst und dabei wird nicht weiter stofflich differenziert.	„Dazu zählt jegliche Art von Plastik inklusive ihrer Additive etc. Somit ist Mikroplastik niemals gleich Mikroplastik, sondern der Begriff umfasst eine riesige Gruppe von Stoffen.“ (MH9X3TK6_MP2_Po) „Außerdem reden wir ja nicht nur von einem Stoff, sondern von einer ganzen Gruppe verschiedenster Kunststoffe in einer bestimmten Größe inklusive all ihrer Additive.“ (MH9X3TK6_MP2_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik als Sammelbegriff für verschiedenste Kunststoffe aufgefasst werden kann.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW1d: Charakteristische Eigenschaften von Kunststoffen	Die Befragten schreiben Mikroplastik inerte und wasserunlösliche Eigenschaften zu. Die Befragten stellen das günstige Oberfläche-Größe-Verhältnis heraus.	„Mikroplastik ist biologisch nur sehr schwer abbaubar. Es ist sehr resistent gegen äußere Einflüsse und dadurch langlebig.“ (S1RJ0551_MP2_Pr)	Erfüllt, wenn eine der möglichen charakteristischen Eigenschaften beschrieben wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
CW2 Bildung & Entstehung	CW2a: Primäres Mikroplastik Typ A	Die Befragten beschreiben primäres Mikroplastik Typ A als Mikroplastikpartikel, die in dieser Größe produziert worden sind und sich in diversen Produkten, wie bspw. Peelings, wiederfinden lassen.	„Daneben können solche Mikroplastik-Partikel auch bewusst hergestellt werden, um in bestimmten Produkten (z.B. in der Körperpflege) bestimmte Aufgaben zu übernehmen.“ (MYUJO69M_MP2_Pr) „Mikroplastik wird unter Anderem gezielt in hergestellten Waren verwendet, beispielsweise in Kosmetika.“ (G3WDG2H7_MP2_Pr) „primär Typ A (so hergestellt: Kosmetik, Kunstrasenplätze, Schleifmittel in der Industrie)“ (G3WDG2H7_MP2_Po)	Erfüllt, wenn als primäres Mikroplastik Typ A Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die bewusst in dieser Größe produziert worden sind. Die Benennung als primäres Mikroplastik Typ A ist nicht notwendig.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW2b: Primäres Mikroplastik Typ B	Die Befragten beschreiben primäres Mikroplastik Typ B als Mikroplastikpartikel, die bei der Nutzung von Gegenständen, die Kunststoff enthalten, entstehen, wie bspw. Reifenpartikel.	„Sehr kleine Kunststoffteile, welche z.B. durch Abreibungsprozesse (Autoreifen) oder z.B. durch das Waschen von Kleidung entsteht.“ (C7Q81EDU_MP2_Pr) „Teilchen die durch verschleiß entstehen, z.B. Reifenabrieb (primäres MP Typ B)“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „So vor allem jetzt, wenn man mal bedenkt: Reifenabrieb, wenn irgendwie die Leute weniger Auto fahren, würde es natürlich da dann auch viel weniger geben, also.“ (G3WDG2H7_MP2_I)	Erfüllt, wenn als primäres Mikroplastik Typ B Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die bei der Nutzung entstehen. Die Benennung als primäres Mikroplastik Typ B ist nicht notwendig.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW2c: Sekundäres Mikroplastik	Die Befragten beschreiben sekundäres Mikroplastik als Mikroplastikpartikel, die durch Verwitterung oder Fragmentierung (mechanisch, chemisch, biologisch) von Makrokunststoffen in der Umwelt entstehen, wie bspw. Zerfall von Plastiktüten.	„Andererseits können Plastikprodukte durch Zersetzung und mechanische Abnutzung Kleinstpartikel (Mikroplastik) generieren.“ (MYUJO69M_MP2_Pr)	Erfüllt, wenn als sekundäres Mikroplastik Mikroplastikpartikel beschrieben werden, die durch Verwitterung oder Fragmentierung entstehen. Die Benennung als sekundäres Mikroplastik ist nicht notwendig.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
CW3 Folgen	CW3a: Rückstände von Mikroplastik finden sich fast überall	Die Befragten erläutern, dass, aufgrund der weitverbreiteten Verwendung von Kunststoffen, Mikroplastik mittlerweile in vielen Bereichen der (Um-) Welt zu finden ist.	„Mikroplastik hat seinen Weg bereits seinen Weg in die Nahrungskette gefunden und konnte somit beispielsweise in den Mägen verschiedener Tiere nachgewiesen werden.“ (MYUJO69M_MP2_Pr)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik in vielen Bereichen der (Um-) Welt zu finden ist.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

			„vor allem kann Mikroplastik durch seine Verwendung in den letzten Jahrzehnten in Ökosystemen und Lebewesen nachgewiesen werden und verteilt sich auch weiterhin.“ (G3WDG2H7_MP2_Pr) „weil es überall vorkommt, weil es inzwischen im Zuge unseres Lebens überall in der Natur, im Menschen, im Grundwasser, überall, natürlich in den Meeren, zu finden ist“ (G3WDG2H7_MP2_I)		
	CW3b: Mikroplastik kann die Gesundheit von Menschen und Tieren beeinträchtigen	Die Befragten stellen heraus, dass dennoch einige Studien zeigen, dass Mikroplastik die Gesundheit von Tieren beeinflussen kann, wie entstehende Fütterungsstörungen, Verletzungen oder Geschwüre. In Bezug auf den Menschen liegen keine gesicherten Ergebnisse vor, doch können aufgrund der Reaktionen von Tieren entsprechende Rückschlüsse gezogen werden.	„Jedoch sind insbesondere negative Auswirkungen im Organismus nicht unwahrscheinlich/undenkbar.“ (MYUJO69M_MP2_Pr) „Für kleine Organismen können die Folgen verherrend sein, da die kleinen Plastikteile ggf. nicht ausgeschieden werden können. Für den Menschen ist die Auswirkung jedoch unklar.“ (C7Q81EDU_MP2_Pr) „Durch die kleine Größe des MP kann dieses zudem besonders leicht in die Nahrungskette gelangen, sodass es selbst in Organismen schädlich (z.B. verstopfend) wirkt oder Additive mit negativen Auswirkungen freisetzt.“ (MYUJO69M_MP2_Po) „Ebenfalls erschwert es die Nahrungsaufnahme und führt zu einem dauerhaften Sättigungsgefühl, wobei auch Anomalitäten bzw. Veränderungen im Stoffwechsel der Organismen festzustellen sind.“ (W6MFAH09_MP2_Po)	Erfüllt, wenn mögliche Beeinflussungen von Mikroplastik auf die Gesundheit von Menschen und Tieren thematisiert werden.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW3c: Mikroplastik kann die Umwelt beeinträchtigen	Die Befragten erläutern, dass Erkenntnisse über Auswirkungen von Mikroplastik in Bezug auf die Umwelt, besonders aufgrund der Komplexität, inkonsistent sind. Dennoch ist davon auszugehen, dass Mikroplastik, vor allem aufgrund der Absorptionsfähigkeit von Umweltschadstoffen, Schädigungen hervorrufen kann.	„Unabhängig von Tieren kann MP inkl. der Additive auch negative Auswirkungen auf Böden und damit Pflanzen haben, sodass auch über diesen Weg Natur und Landwirtschaft leiden können.“ (MYUJO69M_MP2_Po) „Mikroplastik ist ein Hauptbestandteil von Verschmutzung der Ozeane.“ (GFEOR0G3_MP2_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastik die Umwelt beeinträchtigen kann.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	CW3d: Gesicherte Erkenntnisse der Folgen für Lebewesen und Umwelt liegen derzeit nicht endgültig vor und es besteht ein Forschungsdesiderat	Die Befragten erläutern, dass zu Auswirkungen von Mikroplastik auf Lebewesen und Umwelt noch keine gesicherten Ergebnisse vorliegen und die Datenlage, bspw. zum Umweltbereich Wasser, limitiert, spekulativ und inkonsistent ist. Es wird erläutert, dass ein Forschungsdesiderat besteht.	„Wie schädlich Mikroplastik für den Menschen ist, ist derzeit umstritten und wird erforscht.“ (C7Q81EDU_MP2_Pr) „Da inzwischen auch in Menschen Mikroplastik nachgewiesen wurde, hat es so direkte Auswirkungen auf die Menschheit, falls es schädliche Auswirkungen haben sollte, was mir nicht direkt bekannt ist.“ (G3WDG2H7_MP2_Pr) „Auswirkungen auf den Menschen sind noch nicht allzu gut erforscht“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „Das Problem ist, dass die Folgen von Mikroplastik noch nicht vollständig untersucht wurden, daher ist unklar, ab wann die Mikroplastikkonzentration zu hoch ist.“ (C7Q81EDU_MP2_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass gesicherte Erkenntnisse über die Folgen von Mikroplastik für Lebewesen und Umwelt derzeit nicht endgültig vorliegen. Auch erfüllt, wenn ein Forschungsbedarf aufgrund der Forschungslücken und der Unsicherheiten begründet wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

			„Eine Leerstelle besteht meiner Meinung nach noch bei der Gefährdungsbeurteilung von Mikroplastik (speziell für Menschen), da noch mehr Forschung von Nöten ist. Wahrscheinlich wird diese Lücke durch intensive Forschung in nächster Zeit geschlossen oder zumindest exakter beleuchtet. Möglicherweise würden dadurch auch neue Argumente für oder gegen eine Definition von Mikroplastik aufkommen.“ (G3WDG2H7_MP2_RW) „Überrascht hat mich, dass man, obwohl unklar ist, inwieweit sich Mikroplastik bzw. seine Additive auf die Gesundheit der Menschen auswirkt, nicht verstärkt herauszufinden versucht, ob es gesundheitliche Einschränkungen gibt“ (C7Q81EDU_MP2_RW) „Dass ein so aktuelles und gesellschaftsrelevantes Thema, das eigentlich ja auch viel erforscht wird, immer noch so große Lücken aufweist. Damit meine ich die unklare Definition, die Uneinigkeit über Analysemethoden aber auch die Tatsache, dass es bis heute nicht wirklich bekannt ist, welche Auswirkungen Mikroplastik eigentlich auf die Umwelt und alle Lebewesen hat.“ (MH9X3TK6_MP2_RW) „vor allem da man noch nicht ganz genau abschätzen kann, was das für Risiken und Probleme birgt; das einfach etwas ist, womit wir uns alle auf jeden Fall beschäftigen sollten, weil es nun mal schon da ist (...) ja.“ (G3WDG2H7_MP2_I) „Aber in dem Bereich sehe ich tatsächlich die Forschercommunity nochmal irgendwie im Fokus, die da irgendwie noch mehr untersuchen müsste, um da ein bisschen mehr Klarheit hereinzubringen.“ (G3WDG2H7_MP2_I) „Wenn man einmal wusste, wo man gucken muss, dass man irgendwie bei Forschungsinstituten am besten guckt und auch wenig Einzelpublikationen, sondern ja, fast schon so Metastudien, die verschiedene Sachen zusammengefasst haben. Dann hatten wir was gefunden. Aber es ist schon klar, dass da irgendwie noch Forschungsbedarf ist, also in ein paar Bereichen, ja.“ (G3WDG2H7_MP2_I)		
	CW3e: Mikroplastikpartikel können als Schadstofftransporter wirken	Die Befragten stellen heraus, dass sich Schadstoffe an Mikroplastikpartikeln aufgrund von Adsorption anreichern und sich auf diese Weise mithilfe von Mikroplastikpartikeln verteilen können, sodass Mikroplastikpartikel als Schadstofftransporter wirken können.	„Plastik allgemein kann Additive (Zusatzstoffe) z.B. in Wasser abgeben. Aufgrund der höheren Oberflächen von MP (Stichwort: Zerteilungsgrad) kann MP dann in kürzerer Zeit sogar mehr Additive abgeben. Diese Additive können potentiell schädlich für Organismen sein (zum Großteil sind sie das auch).“ (MYUJO69M_MP2_Po) „schädliche Wirkung z.B. durch Transport von toxischen Stoffen“ (G3WDG2H7_MP2_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass sich Schadstoffe an Mikroplastikpartikel anreichern können. Auch erfüllt, wenn erläutert wird, dass Mikroplastikpartikel als Schadstofftransporter fungieren können. Es ist nicht notwendig, dass dies mit dem Begriff Adsorption erläutert wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

			„Als Kunststoff hat MP teilweise die Fähigkeit, Stoffe zu transportieren und irgendwann wieder abzugeben, durch z.B UV-Strahlung weiter zersetzt zu werden usw.“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „Mikroplastik teilweise nicht selbst das Problem, sondern lediglich "Träger" von Hormonen etc., welche zu Problemen führen können.“ (C7Q81EDU_MP2_Po) „Dann natürlich, neu gelernt habe, ist die Schadstoffe erstmal binden können und dann zu anderen Bedingungen eben wieder freisetzen und dadurch dann auch zum Beispiel toxisch sein können natürlich.“ (G3WDG2H7_MP2_I)		

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zum Wissen über Grenzwerte zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik

Untersuchungsfrage: Über welches Wissen über Grenzwerte verfügen Chemielehramtsstudierende in Bezug zur Partizipation an Diskursen von Mikroplastik als SSI vor und nach der Intervention?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie		Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
GW1 Grenzwertharakteristika	GW1a: Intention von Grenzwerten	Die Befragten stellen heraus, dass Grenzwerte die Erhaltung und Sicherung der Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Umwelt sowie die Verringerung entsprechender Risiken zum Ziel haben. Sie sind ein zentrales Instrument der Gesundheits- und Umweltpolitik.	„Diese Grenzwerte haben in der Regel jedoch mit Sicherheitsaspekten zu tun.“ (MYUJO69M_MP2_Pr) „Grenzwerte sollen dafür sorgen, dass die Belastung für die Umwelt nicht zu hoch werden soll.“ (C7Q81EDU_MP2_Pr) „Grenzwerte dienen unserer Sicherheit und dem Schutz der Umwelt.“ (GFEOR0G3_MP2_Po) „die dafür sorgen sollen, dass ein gewisser Schutz von uns besteht, zum Beispiel bei so maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen und so etwas.“ (G3WDG2H7_MP2_I)	Erfüllt, wenn die Erhaltung oder Sicherung der Lebensgrundlagen, oder die Verringerung entsprechender Risiken als Intentionen von Grenzwerten beschrieben werden. Im Fokus dieser Kategorie stehen die grundlegend bezweckten, d. h. intendierten, Ziele von Grenzwerten auf einer normativen Ebene. Die Intention zielt auf eine Soll-Erwartung ab, die eine die Wirkung haben soll; hier, dass durch Grenzwerte Lebensgrundlagen von Menschen, Tieren und Umwelt erhalten und gesichert, sowie entsprechende Risiken verringert werden sollen.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW1b: Funktionen von Grenzwerten	Die Befragten erläutern die regulierende Funktion von Grenzwerten über die institutionelle Überwachung und die Sanktionierung bei Überschreitungen. Die Befragten erläutern die über Gefahrenpotentiale und Sanktionen informierende Funktion von Grenzwerten.	„Grenzwerte beschreiben bestimmte Werte, die nicht überschritten werden dürfen, um ein bestimmtes Kriterium zu erfüllen. Diese Kriterien können z.B. Gütekriterien sein, welche den Maximalgehalt von Mikroplastik festschreiben.“ (MYUJO69M_MP2_Pr) „Grenzwerte legen eine maximale Konzentration eines Stoffes in einem Bereich (z.B Arbeitsplatz) fest, deren Überschreitung unzulässig ist (z.B Arbeitsschutzrechtlich eingeklagt werden kann).“ (G3WDG2H7_MP2_Pr) „Sie benennen eine bestimmte Menge/Konzentration eines Stoffes der man ausgesetzt sein kann, ohne dass man einem großen Risiko ausgesetzt ist, negative Folgen davon zu tragen.“ (MYUJO69M_MP2_Po)	Erfüllt, wenn die informierende oder die regulierende Funktion beschrieben wird. Die Kategorie zielt darauf ab, Aussagen zu kodieren, die thematisieren, wie Grenzwerte sich auf Menschen und Institutionen auswirken bzw. auf welche Art und Weise Grenzwerte zur Erreichung ihrer Intention wirken.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

			„Grenzwerte sind feste Werte, welche nicht überschritten werden sollten, da dies sonst zu ökologischen Konsequenzen führen kann. Grenzwerte geben unter anderem an, welche Menge unser Ökosystem verkraften/abbauen kann, sollte dieser Wert überschritten werden, kann dies schwerwiegende Folgen haben.“ (C7Q81EDU_MP2_Po)		
	GW1c: Überwachung	Die Befragten erläutern, dass die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte mit standardisierten Methoden und durch den Staat erfolgt. Dabei werden Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen problematisiert und reflektiert.	„Besonders dürfte auch die Überprüfung der jeweiligen Mengen von Mikroplastik eine größere Schwierigkeit darstellen, da diese lediglich über Stichproben machbar wären.“ (MYUJO69M_MP2_Pr) „Gleichzeitig gibt es bei der Analyse unterschiedliche Methoden und keine einheitlichen Standards, weshalb, selbst bei Festlegung von Grenzwerten, unklar ist, wann diese überschritten werden.“ (C7Q81EDU_MP2_Po)	Erfüllt, wenn benannt wird, dass die Überwachung der Einhaltung durch den Staat erfolgt. Auch erfüllt, wenn die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte generell thematisiert, problematisiert oder reflektiert wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW1d: Konkreter Grenzwert wird benannt und diskutiert	Ein möglicher konkreter Grenzwert des in Rede stehenden Gegenstandes wird benannt, abgegrenzt und diskutiert.	„Die Probleme und Herausforderungen hinsichtlich der Setzung von Grenzwerten von Mikroplastik können besonders in der Frage der Schädlichkeit von Mikroplastik beruhen.“ (MYUJO69M_MP2_Pr) „Problematisch ist, das Mikroplastik über Wasser in praktisch alle Teile der Welt gelangt und die internationale Durchsetzung von Grenzwerten noch schwieriger umzusetzen ist als die nationale.“ (G3WDG2H7_MP2_Pr) „Grenzwertsetzung ist sehr schwierig (s.o), vor allem da unterschiedliche Kunststoffe alle unter MP fallen, ähnliche Problematik wie bei Nano-Partikeln (siehe z.B. Titandioxid)“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „Bei Mikroplastik gibt es nicht einmal eine eindeutige Definition, ab wann man von Mikroplastik spricht. Somit haben wir hier bereits das erste Problem. Denn wie soll man Grenzwerte für einen Stoff festlegen, der nicht einmal klar definiert ist?!“ (MH9X3TK6_MP2_Po) „Es wäre super wichtig Grenzwerte definieren zu können, aber ohne bekannte Konsequenzen braucht man auch über die Definition etc. nicht zu diskutieren, denn dann kann man sowieso keinen Grenzwert festlegen.“ (MH9X3TK6_MP2_Po)	Erfüllt, wenn in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand ein (möglicher) Grenzwert oder Ansätze zu einem Grenzwert thematisiert werden. Auch erfüllt, wenn thematisiert wird, dass aktuell kein Grenzwert gesetzt werden kann.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

GW2 Grenzwertsetzung	GW2a: Grenzwertsetzung	Die Befragten erläutern, dass Grenzwerte in einem gestuften und interdisziplinären Prozess gesetzt werden. Dabei werden verschiedene Wissenschaftsdomänen mit ihren spezifischen Ansichten und Ansätzen berücksichtigt und die Politik als Grenzwerte festlegender Akteur über Gesetzestexte beschrieben.	„werden aber von der Politik festgesetzt“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „aber letzten Endes eigentlich die Vereinbarung von diesen wissenschaftlichen Erkenntnissen mit Realpolitik irgendwie darstellen“ (G3WDG2H7_MP2_I) „Also ich würde sagen, das Konglomerat aus allen verschiedenen Wissenschaften und dann natürlich die – also gibt es ja einen wissenschaftlichen Konsens, der sich irgendwie bilden kann, wenn viele Studien durchgeführt werden, viel untersucht wird und von Anderen dann wieder überprüft wird und dann so langsam einfach sich die Argumente für etwas häufen“ (G3WDG2H7_MP2_I)	Erfüllt, wenn Grenzwertsetzung als gestufter und bzw. oder interdisziplinärer Prozess gekennzeichnet wird. Erfüllt, wenn beschrieben wird, dass Grenzwert von der Politik schlussendlich beschlossen wird.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW2b: Grenzwertsetzung als kontroverser Prozess	Die Befragten erläutern, dass die Setzung von Grenzwerten verschiedene, oft kontroverse, Sichtweisen berücksichtigt und durch eine Entscheidung der Politik eine Art Kompromiss entsteht. Gleichwohl bleibt das Spannungsfeld zwischen den Akteuren bestehen und besteht in kontroversen gesellschaftlichen Diskursen fort. Es wird deutlich, dass neben wissenschaftlichen Sichtweisen auch weitere Akteure im Grenzwertsetzungsprozess mitwirken.	„Grenzwerte werden aufgestellt um ein Gleichgewicht zwischen Gesundheit und anderen Bedürfnissen (z. B. Wirtschaft) herzustellen“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „Ich fand den Blick auf die politischen Entscheidungswege sowie den Unterschied zwischen Politikberatung und Lobbyismus, den ich durch mein Referat hatte, sehr interessant. Besonders auch, welche verschiedensten Positionen man hier in eine Entscheidung einbetten muss/soll, damit alle halbwegs zufrieden sind. Man hat nämlich nicht immer einen Blick für die Fülle an Positionen, die – auch für eine Entscheidung bzgl. Mikroplastik – beachtet werden müssen.“ (MYUJO69M_MP2_RW)	Erfüllt, wenn deutlich wird, dass bei der Setzung von Grenzwerten verschiedene, oft kontroverse, Sichtweisen, die in einem Spannungsfeld zueinanderstehen, grundlegend und bzw. oder beeinflussend für die jeweilige Entscheidung der Politik sein können.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	GW2c: Erkenntnismethoden	Die Befragten erläutern, dass die Erkenntnisgewinnung zu Grenzwerten und ihren Risiken im Rahmen von Grenzwertsetzungen grundlegend auf Experimente, Modelle, die auf Rechnungen und Abschätzungen basieren, oder Statistiken, welche mit Hilfe von mathematischen Methoden abstrahiert werden, aufbauen.	„sie entstehen durch konkrete Rechnungen und sind nicht zufällig“ (JP1MYBJS_MP2_Pr) „Sie kommen durch empirische Forschung zustande“ (G3WDG2H7_MP2_Pr) „Grenzwerte werden normalerweise durch Laborexperimente mit Modellebewesen ermittelt.“ (MH9X3TK6_MP2_Pr) „Da Mikroplastik als solches nicht giftig ist, sondern auf lange Zeit eventuell dem Körper schaden kann, sind normale Laborexperimente zur Ermittlung von Grenzwerten nicht möglich. Außerdem wäre es schwierig von Modelltieren auf den Menschen zu schließen, deshalb müssten Langzeituntersuchungen bei Menschen stattfinden.“ (MH9X3TK6_MP2_Pr) „haben eine wissenschaftliche Fundierung“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „Sie werden anhand langer Untersuchungen bezüglich ihrer Konsequenzen ermittelt und festgelegt“ (MH9X3TK6_MP2_Po) „wissenschaftlich begründete Grenzwerte“ (GFEOR0G3_MP2_Po)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass Grenzwertsetzungen grundlegend auf wissenschaftliche Erkenntnisse, die empirisch, zumeist aus Experimenten, gewonnen worden sind, aufbauen. Dies ist auch implizit möglich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

	GW2d: Grenzwertsetzung berücksichtigt Risikoabschätzungen	Die Befragten erläutern, dass Grenzwertsetzungen Risikoabschätzungen vorausgehen. Hier wird das Risiko zunächst identifiziert, dann analysiert und schließlich beurteilt. Um ein Risiko abschätzen zu können, muss der Gegenstand definiert sein.	„Da aber jedes einzelne Molekül eines Stoffes schädlich sein kann (wenn auch zu geringer Wahrscheinlichkeit), ist die Definition schwierig. Die Frage bleibt hier, aber welcher Stoffkonzentration die potentielle Schädlichkeit der einzelnen Moleküle zusammenaddiert ein zu hohes Risiko ergibt.“ (MYUJO69M_MP2_Po) „Die Risikoabwägung ist die große Herausforderung beim Setzen von Grenzwerten. Die wichtigen Fragen zur Setzung von Grenzwerten sind u.a.: Ab wann ist das Risiko zu hoch? Wer darf ein Risiko für alle abschätzen? Wer kann verlässlich ein Risiko für alle abschätzen?“ (MYUJO69M_MP2_Po) „Und aber trotzdem auch noch eben andere Faktoren da mit hereinspielen, zum Beispiel, dass man noch irgendwelche Stoffe produzieren kann, mit irgendwelchen Stoffen arbeiten kann, auch wenn die vielleicht schon in kleinen Dosen ein gewisses Gefährdungspotenzial haben.“ (G3WDG2H7_MP2_I)	Erfüllt, wenn erläutert wird, dass bei Grenzwertsetzungen, wie auch bei Grenzwerten grundsätzlich, Risikoabschätzungen berücksichtigt werden. Auch erfüllt, wenn Herausforderungen bei Risikoabschätzungen thematisiert werden. Dies ist auch implizit möglich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

Kodierleitfaden für die inhaltliche Strukturierung der Aussagen der Chemielehramtsstudierenden zur Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI-Diskursen um Mikroplastik

Frage: Inwiefern findet durch Chemielehramtsstudierende eine Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an Diskursen von Mikroplastik als SSI vor und nach der Intervention statt?			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Der ausgefüllte Fragebogen einer befragten Person und das Transkript des Interviews einer befragten Person.	Die ausgefüllten Fragebögen aller Befragten und die Transkripte der Interviews aller Befragten.

Kategorie	Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln	Kodierung
RE Reflexion über Implikationen, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Partizipation an SSI	REa: Reflexion der naturwissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung über SSI (Ebene: Naturwissenschaften)	„Da Mikroplastik nicht direkt durch z. B. den Austritt eines Stoffes in einer Fabrik in die Umgebung gelangt, sind die Ursachen für eine erhöhte Mikroplastikkonzentration vermutlich schwieriger zu ermitteln.“ (G3WDG2H7_MP2_Pr) „Dabei bestimmt man, ab welchen Dosen eine Substanz bei einem bestimmten Aufnahmeweg zum Tod führen kann. Dieser wird dann in Prozenten angegeben, die wiederum aufzeigen, wie viel Prozent der Modelllebewesen ab diesem Grenzwert verstorben sind.“ (MH9X3TK6_MP2_Pr) „aber es hat mich zumindest überrascht, wie stark die Meinungen (auch in der Forschung) in einigen Bereichen zu Mikroplastik noch auseinander gehen.“ (MYUJO69M_MP2_RW) „Beispielsweise der Umstand, dass es bislang keine feste Definition der Größe von Mikroplastik gibt, obwohl die im Seminar gefundenen Definitionen alle in einem sehr ähnlichen Rahmen lagen. Herausfordernd war hier vielleicht die Überlegung anzustellen, ob man es auf die Schnelle besser machen könnte (was nicht der Fall ist).“ (MYUJO69M_MP2_RW)	Erfüllt, wenn naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden anhand von Aussagekraft, Bedingungen und Grenzen erläutert, problematisiert oder reflektiert werden. Denn um etwas erforschen zu können, muss das Forschungsobjekt definiert sein.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0
	REb: Reflexion von Experten-Laien-Verhältnissen bei SSI (Ebene: Gesellschaft)	„Schwierigkeiten sehe ich darin, dass es einige Dinge gibt, die zu Mikroplastik führen, die man nicht so einfach verhindern kann, ohne eine riesen Revolution loszutreten. Z.B. Abrieb beim Autofahren.“ (C7Q81EDU_MP2_Pr) „Denn wie soll man Grenzwerte für einen Stoff festlegen, der nicht einmal klar definiert ist?!“ (MH9X3TK6_MP2_Po) „aber letzten Endes eigentlich die Vereinbarung von diesen wissenschaftlichen Erkenntnissen mit Realpolitik irgendwie darstellen“ (G3WDG2H7_MP2_I)	Erfüllt, wenn Aussagen Erkenntnisse der Wissenschaft in Bezug auf ihre An- und Verwendung innerhalb von Gesellschaft und Politik oder in Bezug zum Vorläufigkeitscharakter oder in Bezug zu epistemischen Unsicherheiten thematisieren. Ebenso erfüllt, wenn, Verhältnisse von Experten und Laien bspw. in Bezug	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0

		Laien, stellen besondere Perspektiven auf einen Gegenstand dar. Erkenntnisse der Wissenschaft in Bezug auf ihre An- und Verwendung innerhalb von Gesellschaft bzw. Politik werden thematisiert, problematisiert und reflektiert, hierbei kann auf die Rolle der Medien in der Kommunikation eingegangen werden. Es wird darauf eingegangen, inwiefern sich die epistemische Pluralität von Wissenschaft mit Eindeutigkeitsanforderungen von Seiten der Politik vereinbaren lassen.	„dass eben, obwohl noch nicht so viel irgendwie Informationen darüber sind, wie Mikroplastik konkret, also jegliche Art von Mikroplastik sage ich jetzt mal, schädlich wirken könnte, dass man sich trotzdem damit beschäftigen muss und, dass sich die Wissenschaften eben auch damit beschäftigen. Und, dass sich das irgendwie auch ändern kann, was man bisher weiß darüber.“ (G3WDG2H7_MP2_I)	zum Zugang zu Wissen oder in Bezug zum Eindeutigkeitsanspruch der Laien an (natur-) wissenschaftliche Erkenntnisse thematisiert, problematisiert oder reflektiert werden. Dabei ist es nicht notwendig, dass sowohl Experten als auch Laien explizit als solche benannt bzw. deren Positionen berücksichtigt werden.	
REc: Reflexion der individuellen Möglichkeiten und Grenzen des einzelnen Subjekts zur Partizipation an SSI-Diskursen (Ebene: Subjekte).	Die Befragten thematisieren, problematisieren und reflektieren Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen zur Partizipation des einzelnen Subjekts in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand und einhergehende Diskurse.	„Herausforderung in der gesellschaftlichen Stellung (da in den Medien relativ viel darüber berichtet wird) und durch die Industrie und ihre Interessen“ (G3WDG2H7_MP2_Po) „Ich gehe reflektierter mit dem Thema Mikroplastik, als Resultat von Kunststoffkonsum, um. Derzeit gibt es in meinem privaten Leben aber wenig Punkte, an denen ich den Konsum massiv einschränken kann. Dies liegt maßgeblich daran, dass ich derzeit noch keine Perspektive habe, wie ich diese einbauen kann. Klar ist eine Möglichkeit der Verzicht auf Kunststoffe, hierfür fehlt aber zum Teil das nötige Kleingeld im Portemonnaie. Wo ich mich bereits einschränke, ist in Bezug auf den Konsum von Bekleidung, bereits jetzt trage ich Kleidung sehr lange auf, schaue aber inwiefern ich künftig eher zu Secondhand, als Neuware greife.“ (C7Q81EDU_MP2_RW) „Ja klar, also ich würde da eigentlich auch, ja Wissenschaftsjournalisten ein bisschen in der Pflicht sehen, weil natürlich die Laien die – wenn jetzt auf einmal auf einem, keine Ahnung, Shampoo im DM steht: Oh, das ist jetzt mikroplastikfrei. Denken alle: Oh, okay. Das ist doch toll, habe ich ja gesehen auf Instagram. Mikroplastik ist schädlich. Oh mein Gott, ja. Dann kaufe ich jetzt mal das. Und dann ist aber gar nicht klar, dass da irgendwie eine Emulsion doch mit Mikroplastik drinnen ist. Weil die Firmen eben sagen: Ja, ja. Ist mikroplastikfrei, weil Flüssige und Emulsionen zählen wir nicht dazu. Ja klar, dann kann darüber auch berichtet werden, wenn dann hier ja, die und die sind jetzt mikroplastikfrei. Hier ist nichts mehr und so, dabei muss das gar nicht mal unbedingt so stimmen.“ (G3WDG2H7_MP2_I)	Erfüllt, wenn Grundlagen, Möglichkeiten oder Grenzen zur Partizipation des einzelnen Subjekts in Bezug auf den konkreten in Rede stehenden Gegenstand und einhergehende Diskurse thematisiert, problematisiert oder reflektiert werden. Dies umfasst auch Reflexionen über die Folgen von Verhaltensweisen, bspw. im Konsumbereich.	Erfüllt: 1 Nicht erfüllt: 0	

10.3.2 Kodierleitfäden: Informationsquellen, die zur Beantwortung des Fragebogens herangezogen worden sind

10.3.2.1 Teilstudie 1: Mikroplastik

Kodierleitfaden zur induktiven Kategorienbildung der Informationsquellen, die zur Beantwortung des Fragebogens in Teilstudie 1 herangezogen worden sind

Frage:

Welche Informationsquellen werden zur Beantwortung der Fragen aus dem Fragebogen von den Chemielehramtsstudierenden herangezogen?

Definition des Selektionskriteriums „verwendete Informationsquellen zur Beantwortung des Fragebogens“:

Verwendete Informationsquellen zur Beantwortung des Fragebogens sind Medien verschiedener Art, die zur Gewinnung von Wissensinhalten genutzt werden können.

Abstraktionsniveau:

Mittleres Abstraktionsniveau.

Hauptkategorie	Kategorie	Kodierungen insgesamt	Kodierungen Prä-Fragebogen	Kodierungen Post-Fragebogen
Massenmedien	I21 Zeitungsartikel	2	0	2
	I03 Wikipedia	4	4	0
Institutionen (öffentlich, staatlich oder nichtstaatlich)	I06 Internetquelle BUND, Friends of the Earth Germany	1	1	0
Populärwissenschaftliche Quellen	I13 Quarks & Co	1	1	0
	I05 GDCh Beilage Polymere	1	1	0
	I10 Wissenschaftliche Podcasts	1	1	0
Seminarimpact	I17 Concept Map aus dem Seminar	4	0	4
	I18 Material aus dem Seminar	6	0	6
	I20 Wissen aus dem Seminar	5	0	5
Institutionen (öffentlich, staatlich oder nichtstaatlich)	I19 Fraunhofer-Institut	1	0	1
	I01 Berliner Wasserbetriebe	1	1	0
	I07 Umweltbundesamt	8	6	2
	I08 Umweltbundesamt.at	1	1	0
Vorwissen	I04 Vorwissen aus Schulzeit & Studium	1	1	0
	I14 Vorwissen aus der Kunst: Arbeiten über Mikroplastik	1	1	0
	I09 Vorwissen aus Medien im Alltag	3	3	0
	I11 Vorwissen aus Internetartikel	1	1	0
	I12 Eigenes Wissen (n. n. spezifiziert)	3	2	1
Wissenschaftliche Quellen	I15 Springerverlag	1	1	0

	I16 Wissenschaftliche Publikationen	5	1	4
Keine bzw. nicht ausreichende Quellenangabe	I22 Nicht ausreichende Quellenangabe	1	1	0
	I02 Keine Quellenangabe	2	1	1
Summe		54	28	26

10.3.2.2 Teilstudie 2: Schadstoffe in der Luft

Kodierleitfaden zur induktiven Kategorienbildung der Informationsquellen, die zur Beantwortung des Fragebogens in der Teilstudie 2 herangezogen worden sind

Frage: Welche Informationsquellen werden zur Beantwortung der Fragen aus dem Fragebogen von den Chemielehramtsstudierenden herangezogen? Definition des Selektionskriteriums „verwendete Informationsquellen zur Beantwortung des Fragebogens“: Verwendete Informationsquellen zur Beantwortung des Fragebogens sind Medien verschiedener Art, die zur Gewinnung von Wissensinhalten genutzt werden können.				
Abstraktionsniveau: Mittleres Abstraktionsniveau.				
Hauptkategorie	Kategorie	Kodierungen insgesamt	Kodierungen Prä-Fragebogen	Kodierungen Post-Fragebogen
Institutionen (öffentlich, staatlich oder nicht-staatlich)	I01 Bundesumweltministerium	1		1
	I02 IPCC	1		1
	I03 Leopoldina	2	1	1
	I04 Umweltbundesamt	8	5	3
Massenmedien	I05 Wikipedia	7	3	4
Populärwissenschaftliche Quellen	I06 Chemie.de	5	5	
	I07 Quarks & Co	1		1
	I08 Seilnacht.de	1		1
Seminarimpact	I09 Concept Map aus dem Seminar	3		3
	I10 Material aus dem Seminar	7		7
	I11 Wissen aus dem Seminar	1		1
Vorwissen	I12 Eigenes Wissen (n. n. spezifiziert)	4	4	
	I13 Vorwissen aus Medien im Alltag	2	2	
	I14 Vorwissen aus Schulzeit & Studium	4	3	1
Wissenschaftliche Quellen	I15 Wissenschaftliche Publikationen	10	3	7
Keine bzw. nicht ausreichende Quellenangabe	I16 Keine Quellenangabe	3	1	2
Summe		60	27	33

10.3.2.3 Teilstudie 3: Mikroplastik

Kodierleitfaden zur induktiven Kategorienbildung der Informationsquellen, die zur Beantwortung des Fragebogens in der Teilstudie 3 herangezogen worden sind

Frage:

Welche Informationsquellen werden zur Beantwortung der Fragen aus dem Fragebogen von den Chemielehramtsstudierenden herangezogen?

Definition des Selektionskriteriums „verwendete Informationsquellen zur Beantwortung des Fragebogens“:

Verwendete Informationsquellen zur Beantwortung des Fragebogens sind Medien verschiedener Art, die zur Gewinnung von Wissensinhalten genutzt werden können.

Abstraktionsniveau:

Mittleres Abstraktionsniveau.

Hauptkategorie	Kategorie	Kodierungen insgesamt	Kodierungen Prä-Fragebogen	Kodierungen Post-Fragebogen
Institutionen (öffentlich, staatlich oder nichtstaatlich)	AOK	1		1
	EU	1		1
	WHO	1		1
	I19 Fraunhofer-Institut	1		1
	I01 Berliner Wasserbetriebe	1	1	
	I07 Umweltbundesamt	2	2	
	I08 Umweltbundesamt Österreich	1	1	
Keine bzw. nicht ausreichende Quellenangabe	I02 Keine Quellenangabe	4	3	1
Massenmedien	Internet: Google & diverse Internetseiten	6	3	3
	I21 Zeitungsartikel	1	1	
	I03 Wikipedia	1		1
Populärwissenschaftliche Quellen	I13 Quarks & Co	1		1
Seminarimpact	I18 Material aus dem Seminar	10		10
	I20 Wissen aus dem Seminar	12		12
Vorwissen	Vorwissen aus dem Alltag mit Freunden & Bekannten	3	3	
	I04 Vorwissen aus Schulzeit & Studium	6	6	
	I09 Vorwissen aus Medien im Alltag	11	11	
	I11 Vorwissen aus Internetartikel	2	2	
	I12 Eigenes Wissen (n. n. spezifiziert)	9	7	2
Wissenschaftliche Quellen	I16 Wissenschaftliche Publikationen	11	1	10
Summe		85	41	44

10.3.3 Kodierleitfäden: Lernarrangements

10.3.3.1 Teilstudie 1: Mikroplastik

Kodierleitfaden zur skalierenden Strukturierung der Lernarrangements Mikroplastik (Teilstudie 1) im Sinne der QIA nach Mayring

Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Einschätzungsdimensionen:	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Ziele	Die Textpassagen zu Zielen in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zu Zielen in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Analyse des fachlichen Hintergrundes	Die Textpassagen zum fachlichen Hintergrund (Sachanalyse) in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zum fachlichen Hintergrund (Sachanalyse) in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen	Die Textpassagen zur fachdidaktisch-methodischen Begründung in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zur fachdidaktisch-methodischen Begründung in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Quellenarten im Vermittlungsprozess	Das Material für die Lernenden eines Lernarrangements einer Person.	Jeweils die Materialien für die Lernenden in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Handlungsorientierte Arbeitsaufträge	Das Material für die Lernenden eines Lernarrangement einer Person und der entsprechende Verlaufsplan.	Jeweils die Materialien für die Lernenden in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.

Definitionen der Einschätzungsdimensionen:
Ziele: Ziele enthalten sowohl eine Inhalts-, als auch eine Verhaltenskomponente und dienen im Unterricht der Anbahnung von Kompetenzen, wodurch sich eine Handlungskomponente ergibt.
Analyse des fachlichen Hintergrundes: Das Thema des Lernarrangements wird mit Blick auf die entsprechende gesellschaftliche Herausforderung, die im Bildungskontext als Socioscientific Issue (SSI) bezeichnet wird, und die angestrebten Ziele über eine differenzierte und vertiefende Auseinandersetzung mit den fachlichen Grundlagen und Zusammenhängen literaturbasiert analysiert.
Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen: Es erfolgt eine begründete und konkrete Erläuterung des gestalteten Lernarrangements passend zu den angestrebten Zielen unter Beachtung zentraler fachdidaktischer Transformationselemente.
Quellenarten im Vermittlungsprozess: Hier werden die verwendeten Quellenarten in den Materialien für die Lernenden analysiert.
Handlungsorientierte Arbeitsaufträge: Handlungsorientierte Arbeitsaufträge sind Anweisungen an die Lernenden, ihr erworbenes Wissen in Bezug zum jeweiligen SSI konkret handelnd in Aktivitäten anzuwenden.

Einschätzungsdimension	Ausprägung	Definition	Ankerbeispiel	Kodierregel
Ziele	Niveau 0	Die formulierten Ziele enthalten keine gegenseitig bezüglichen Inhalts- und Verhaltenskomponenten.	„Die Reihe ist geplant für den Themenblock Luft und Wasser in der Sekundarstufe I, da hier Fragen der Luftverschmutzung, des Abwassers und einige Nachweisreaktionen für Stoffe im Wasser angesprochen werden (Qua-LiS, 2019 Sek I). Es erweitert Wissen, welches die SuS in der Reihe über Abwasser und Abwasser-Wiederaufbereitung (relevant ist, Anm. d. V.)“ (L6DNQ_MP1_La).	Es wird nicht benannt, durch welche Aktivität die Lernenden ein konkretes Ziel erreichen oder es wird nicht benannt, welches Ziel mit einer konkreten Aktivität erreicht werden soll. Es findet eine reine Aufzählung von Zielperspektiven statt.
	Niveau 1	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten .	„Die Hauptintention des Lernarrangements besteht in der Entwicklung eines vertieften Verständnisses für organische Produkte und die SchülerInnen entwickeln ein komplexes Netz aus fächerübergreifenden Zusammenhängen, indem sie sowohl über die Herstellung und das Recycling der Plastikflasche als auch über Risiken, Gefahren und Alternativen sprechen und diskutieren“ (ZNNIC_MP1_La). „Übergeordnetes Ziel der zweiten Phase des Lernarrangements ist, dass die Schülerinnen und Schüler die Notwendigkeit von Mikroplastik-Grenzwerten für unsere Gesellschaft erkennen sowie erfahren, dass naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen auch Risiken bergen und Grenzen mit sich bringen, indem sie anhand einer Stationsarbeit versuchen, solche Grenzwerte für Mikroplastik zu formulieren und sie diskutieren“ (KVRVH_MP1_La).	Es wird benannt, dass die Lernenden durch eine bestimmte Aktivität (wie bspw. durch Experimentieren) ein konkretes Ziel erreichen sollen. Die Ziele können auch implizit formuliert sein.
	Niveau 2	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten und sind mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter curricularen Bezügen begründet.	„Folgende Kompetenzen des Kernlehrplans Chemie (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2014, S. 45 ff.) erwerben die Schülerinnen und Schüler in diesem Lernarrangement: sie können Reaktionsabläufe unter dem Gesichtspunkt der Produktausbeute am Beispiel des Recyclings einer PET-Flasche erklären (UF4)“ (9U0VB_MP1_La).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können Aussagen zu curricularen Bezügen hier kodiert werden. Es wird deutlich, dass ein übergeordnetes Ziel dazu beiträgt, im Kernlehrplan (o. Ä.), aufgeführte Kompetenzen anzubahnen.

			• „So erwerben die SchülerInnen im Lernarrangement bezogen auf die Verwendung der PET-Flasche, dessen Herstellung und Recycling unter anderem die folgende Kompetenz: SuS ‚recherchieren zur Herstellung, Verwendung und Geschichte ausgewählter organischer Verbindungen und stellen die Ergebnisse adressatengerecht vor (K2, K3)‘ (ebd., S. 48)“ (ZNNIC_MP1_La).	
	Niveau 3	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten und sind mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter curricularen Bezügen begründet. Dabei wird die Bedeutung für die Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung erläutert.	• „Wie zudem aus der Sachanalyse in Kapitel 3 hervorgeht, sind Mikroplastik und Einwegplastikflaschen für die heutige Gesellschaft ernstzunehmender werdende, kritische Themen. Als gesellschaftliche Herausforderungen benötigen diese Themen die Behandlung im Unterricht, damit im Sinne einer ‚aktiven Teilhabe‘ (MSW NRW, 2014, S. 12) eine Anwendung auf das eigene Leben der SchülerInnen stattfinden kann“ (ZNNIC_MP1_La). • „Bezogen auf die Scientific Literacy lernen die SuS, ‚(...) Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen‘ (PISA-Konsortium, 2000). Zudem werden die Schülerinnen und Schüler alltäglich mit der Thematik Mikroplastik konfrontiert, ohne es zu wissen. Am Ende dieser Unterrichtseinheit sollen sie in der Lage sein, ihr eigenes Einkaufs- und Konsumverhalten und das ihrer Eltern mithilfe des erlangten Wissens kritisch zu hinterfragen“ (9N5VM_MP1_La).	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können Aussagen, in denen ein Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung deutlich wird, kodiert werden.

Analyse des fachlichen Hintergrundes	Niveau 0	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes liegen gravierende fachliche Fehler vor.		Sollte Niveau 0 vergeben werden, können trotz etwaiger Kodierungen keine höheren Niveaus erreicht werden.
	Niveau 1	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird chemisches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen.	„Dabei wird zwischen primärem und sekundärem Mikroplastik unterschieden. Primäres Mikroplastik Typ A wurde bewusst von der Industrie produziert und bestimmten Produkten zugesetzt, wie z. B. Gesichtspeelings. Primäres Mikroplastik Typ B entsteht durch Abnutzung, wie z. B. aus Fasern in der Kleidung oder Reifenabrieb. Sekundäres Mikroplastik sind Plastikpartikel, die sich in kleinere Partikel zersetzt haben“ (AADM6_MP1_La).	Hier werden Aussagen zum fachlichen Hintergrund aus chemischer Perspektive kodiert. In Bezug auf Mikroplastik gehören hierzu bspw. Folgende: Eigenschaften von Kunststoffen, Zersetzung von Kunststoffen zu Mikroplastik, Entstehung, Herkunft und Verbreitung von Mikroplastik.
	Niveau 2	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird neben chemischem Wissen auch interdisziplinär naturwissenschaftliches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen.	„Bei Mikroplastik handelt es sich nach der MSFD Technical Group Marine Litter um kleine nicht abbaubare Plastikpartikel in einem Größenbereich von unter 5 mm. Allerdings finden sich diesbezüglich je nach Literatur sehr unterschiedliche verwendete Definitionen und Größenbereiche (Kreienhop et al., 2020, S. 3)“ (9N5VM_MP1_La).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Da Mikroplastik aus verschiedenen naturwissenschaftlichen Perspektiven untersucht wird, zählen in diese Kategorie Aussagen zur Definition von Mikroplastik, zu Fragen der Partikelgröße, zu den (möglichen) Auswirkungen von Mikroplastik für Menschen, Tiere und Umwelt. Auch gehören in diese Kategorie Aussagen zu Mikroplastik in Abwässern und in Kläranlagen. Auch quantifizierte Mikroplastikemissionen beruhen auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen. Mögliche Grenzwerte von Mikroplastik, etwa in Bezug auf Definition und Emission, fußen auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen.
	Niveau 3	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird chemisches Wissen und interdisziplinär naturwissenschaftliches Wissen mit Blick auf	„Hervorzuheben ist der Unterschied zwischen Einwegplastik- und Mehrwegplastikflaschen.	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Hier wird die Einbindung

		das entsprechende SSI herangezogen, welches in gesellschaftliche Kontexte eingebettet wird.	Mehrwegplastikflaschen können ca. 25-mal wieder befüllt werden (Wöhrle, 2019, S. 54). Als vergleichbare Alternative können Glasflaschen etwa 50-mal wieder befüllt werden. Je nachdem welcher Aspekt betrachtet wird, bieten jeweils Glas oder Plastik Vor- und Nachteile. Beachtet werden muss auch, dass es in Deutschland Pfandsysteme gibt, wodurch gute Recyclingquoten entstehen, während global weggeworfene PET-Flaschen zu großen Herausforderungen führen (Sattlegger, et al., 2020, S. 19)“ (ZNNIC_MP1_La).	in gesellschaftliche Kontexte relevant. Dies könnte u. a. Bestrebungen zur Reduzierung der Kunststoffmenge, Recycling, Verbrauch von Kunststoffen, Mengenangaben von Gesellschaften umfassen. Diese Bestrebungen können politischer Natur sein und können Gesetze zur Folge haben. Perspektiven zum Handeln von Verbraucher*innen gehören hierzu.

Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen	Niveau 0	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen unbegründet und bzw. oder unpassend zum Ziel.	„Nachdem es im ersten Teil des Lernarrangements vor allem um die Erarbeitung von Wissen zu den Themen der Auswirkungen von Mikroplastik ging, rückt im zweiten Teil die Beurteilung des gesamtwissenschaftlichen Kontextes in den Vordergrund. Zwar wird zunächst ebenfalls anhand eines Radiointerviews und eines Sachtextes Wissen zum Thema Grenzwerte erworben und aufgebaut, allerdings nimmt anschließend die Fishbowl-Diskussion den Hauptteil des Lernarrangements ein“ (RNZXE_MP1_La).	Sollten fachdidaktisch-methodische Entscheidungen unpassend und unbegründet zur Erreichung des Ziels bzw. begründet, aber unpassend zum Ziel bzw. unbegründet, aber passend zum Ziel formuliert werden, kann dies hier kodiert werden.
	Niveau 1	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen begründet und passend zum Ziel .	„Zudem dient die Concept-Map als Übersicht, welche Stationen bereits bearbeitet wurden. Während der Vorträge erhalten die Lernenden den Arbeitsauftrag, ihre Concept-Map zu vervollständigen. Die Fertigstellung der Concept-Maps bildet den Ausgangspunkt der folgenden Unterrichtsstunden“ (SPGE2_MP1_La). „Das Thema Mikroplastik wird den Schüler*innen anhand der Problematik ‚Der Weg des Mikroplastik in unseren Körper‘ verdeutlicht. Die Schüler*innen werden somit zu Beginn der Unterrichtsreihe mit einer Problemstellung konfrontiert. Diese Herangehensweise weckt das	Hier werden fachdidaktische und methodische Entscheidungen erläutert, durch die deutlich wird, weshalb das Lernarrangement entsprechend gestaltet worden ist. Dabei wird deren Sinnhaftigkeit und Passung in Bezug auf die Zielperspektive deutlich, was auch implizit möglich ist. Hier werden die verschiedenen Phasen mit ihren fachdidaktischen Implikationen reflektiert.

			Interesse der Schüler*innen, da Mikroplastik eine neue Thematik darstellt und die Schüler*innen anhand der Stationenarbeit mit Fragen konfrontiert werden, welche durch die Unterrichtsreihe beantwortet werden (vgl. Sachanalyse)“ (F6MKK_MP1_La).	
	Niveau 2	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen literaturbasiert begründet und passend zum Ziel.	„Das Experiment besitzt im Chemieunterricht eine mediale Funktion, denn es erlaubt ‚Fachinhalte auf einer gegenständlichen Ebene darzustellen und erfüllt damit auch eine kommunikative Funktion.‘ (Reiners, 2017, S. 105) Hierbei können chemische Vorgänge im Sinne der Primärerfahrung konkret dargestellt werden, was zu einer Motivationssteigerung der SchülerInnen führen kann (ebd.). Die beiden Experimente, welche in der vorliegenden Doppelstunde ausgeführt werden, besitzen die Funktion, ein technisches Verfahren zu simulieren. Im zweiten Experiment wird ein rohstoffliches Recycling simuliert, welches anschließend mit einer Nachweisreaktion von Alkoholen bestätigt wird. Experiment drei simuliert ein werkstoffliches Recycling“ (ZNNIC_MP1_La).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Es darf kodiert werden, wenn fachdidaktisch-methodische Entscheidungen unter Rückgriff auf bzw. vor dem Hintergrund von Aussagen aus der Literatur getroffen worden sind. Hierzu zählen u. a. Curricula, allgemein- und fachdidaktische sowie erziehungswissenschaftliche Publikationen, aber auch in der Sache fachwissenschaftlich interdisziplinär relevante Publikationen.
	Niveau 3	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen literaturbasiert begründet und passend zum Ziel, dabei wird die Bedeutung des Inhalts für die Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung reflektiert.	„Die Schüler*innen lernen anhand der Stationenarbeit die Bedeutung der Wissenschaft Chemie für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt kennen. Dabei lernen sie, diese kritisch zu hinterfragen. Zentral steht innerhalb der Stationenarbeit die Sensibilisierung der Schüler*innen für eine nachhaltige Nutzung der verschiedenen Kunststoffe. Dabei wird durch die Stationen zu den jeweiligen Teilaspekten Mikroplastik als Folgeproblem von Kunststoffen im Alltag deutlich (KLP Sek 1, 2019). Somit leistet die Thematik einen entscheidenden Beitrag zum Lernen in Kontexten (KLP, Sek 1, 2019). Die Behandlung des Themas im Chemieunterricht der Sekundarstufe I leistet einen entscheidenden Beitrag zu	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Hier werden Aussagen kodiert, durch die deutlich wird, dass aufgrund der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen ein Beitrag im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung, auch implizit, geleistet wird. Dies schließt die Reflexion von Bedeutungen und Relevanz des Inhalts im Hinblick auf Gegenwart und Zukunft, sowie auf Exemplarität ein.

			einer vertieften naturwissenschaftlichen Grundbildung, welche als Bildungsziel von den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern angestrebt wird (KLP Sek 1, 2019)“ (F6MKK_MP1_La). • „Während die erste Station sich mit der Informationsbeschaffung auseinandersetzt, beschäftigt sich die zweite Station bereits mit der Problematik der Grenzwertsetzung für Mikroplastik. Den Lernenden wird hier bewusst, dass Risiken zwar erkannt und bewertet werden können, aber dass dies nicht automatisch bedeutet, dass die Risiken auch beherrscht werden können. Naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen haben somit auch ihre Grenzen (vgl. KMK, 2005, S. 6). Im Idealfall wird den Lernenden hier bewusst, dass sie über naturwissenschaftliches Wissen verfügen müssen, um an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung teilzuhaben und um ein ganzheitlich ausgebildetes Allgemeinwissen zu erlangen (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013, S. 11)“ (KVRVH_MP1_La).	

Quellenarten im Vermittlungsprozess	Niveau 0	Es werden keine Quellenangaben im Vermittlungsprozess gemacht.		Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien keine Quellenangaben erhalten, kann hier kodiert werden.
	Niveau 1	Es werden populärwissenschaftliche Quellen und Erzeugnisse aus der Lebenswelt im Vermittlungsprozess verwendet.	• „Zeit Online – Plastikmüll. Für immer Dein, Dirk Asendorpf et. Al, 18.8.2018, Ausgabe 17 (2018)“ (ZNNIC_MP1_La). • „Quelle: https://sinplastic.com/was-ist-mikroplastik“ (KVRVH_MP1_La). • „https://www.deutschlandfunkkultur.de/ueberschritten-jetzt-gefahr-der-mythos-vom-unbestreitbaren.976.de.html?dram:article_id=471034“ (RNZXE_MP1_La).	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien bspw. Verweise auf Internetquellen oder Zeitungsartikel enthalten, kann hier kodiert werden.

	Niveau 2	Es werden Bildungsmaterialien im Vermittlungsprozess verwendet.	• „Einstieg: Video WDR, Sendung mit der Maus; Plastikmüll im Meer https://kinder.wdr.de/tv/die-sendung-mit-der-maus/av/video-plastikmuell-im-meer-100.html (7.03.2021)“ (HCQXA_MP1_La). • „Abbildung 1: Durchführung Experiment 2 (Sieve, 2019)“ (ZNNIC_MP1_La). • „https://www.quarks.de/umwelt/muell/so-werden-plastikflaschen-wiederverwertet/“ (ZNNIC_MP1_La). • „Text leicht verändert: Mikroplastik in Binnengewässern: Ursachen und Folgen. (20. April 2017). Abgerufen 7. März 2021, von https://www.umwelt-im-unterricht.de/hintergrund/mikroplastik-in-binnengewassern-ursachen-und-folgen“ (C73TK_MP1_La).	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien Verweise auf Bildungsmaterialien enthalten, kann hier kodiert werden. Bildungsmaterialien zeichnen sich durch die Gestaltung von Expert*innen mit dem Zweck der Vermittlung von Bildung aus und sind nach dem Prinzip der Praxisorientierung gestaltet. Dazu gehören: Praxisnahe Publikationen, wie Schul- und Handbücher, und Zeitschriften für Lehrer*innen, wie NiU-Chemie, Internetseiten mit Bildungsmaterialien von anerkannten Bildungsträgern oder Lehrer*innen, wissenschaftsjournalistische Formate, in denen Wissen durch wissenschaftliche Expert*innen an wissenschaftliche Laien kommuniziert wird, etwa Quarks, die Sendung mit der Maus oder TerraX.
	Niveau 3	Es werden wissenschaftliche Quellen im Vermittlungsprozess verwendet.	• „Wichtige Werkstoffe unserer Zeit, Dieter Wöhrle, 2019, S. 53f. (Beispiel 2: PET-Flaschen)“ (ZNNIC_MP1_La). • „Mikroplastik: Ein selbstverschuldetes Umweltproblem im Plastikzeitalter, Kirsten Stöven, Frank Jacobs, Ewald Schnug, Journal für Kulturpflanzen, Ausgabe 67, 2015, S.241-250“ (ZNNIC_MP1_La). • „Das Interview ist eine angepasste Version des Artikels von Maria Fürhacker (2020) mit dem Titel „Warum eine Risikoabschätzung und Grenzwertsetzung für Mikrokunststoffe in der aquatischen Umwelt problematisch ist““ (KVRVH_MP1_La). • „(Quelle: Alfred-Wegener-Institut: https://www.awi.de/im-fokus/muell-im-	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien Verweise auf wissenschaftliche Quellen enthalten, kann hier kodiert werden. Wissenschaftliche Quellen sind schriftliche wissenschaftliche Arbeiten, die von Wissenschaftler*innen mit dem Zweck des wissenschaftlichen Fortschritts verfasst worden sind. Sie sind bei einem Wissenschaftsverlag, einer wissenschaftlichen Gesellschaft oder einem wissenschaftlichen (Forschungs-)Institut publiziert worden. Dies schließt auch Gutachten und Publikationen von

			meer/muell-im-meer-infografik.html)“ (V8UOP_MP1_La).	Organisationen, etwa den Vereinten Nationen oder der Europäischen Union, (zwischenstaatlichen) Ausschüssen, etwa dem IPCC, oder staatlichen Behörden, etwa dem Umweltbundesamt, ein, die wissenschaftlich geprägt sind.
Handlungsorientierte Arbeitsaufträge	Niveau 0	Es gibt keine handlungsorientierten Arbeitsaufträge, die von den Lernenden ein Handeln bezüglich SSI einfordern.	• „Vergleiche die beiden Experimente mit der PET-Herstellung. Wo liegen Unterschiede und wo Gemeinsamkeiten vor?“ (9U0VB_MP1_La). • „Ihr seid Mitarbeiter im Prüflabor CheckPlastic. Eure Aufgabe ist es, die Masse (das Gewicht) an Mikroplastik in der Probe des Peelings (2 mL) zu bestimmen. Plant hierzu ein Experiment und gebt den Plan vor der Durchführung bei eurem Laborleiter ab. Erst dann dürft ihr mit eurem Experiment starten“ (SPGE2_MP1_La). • „Der Text erzählt dir eine Möglichkeit, was mit deinem Plastikmüll passieren könnte. Schneide die Bilder aus und ordne sie den passenden Textteilen zu. Kontrolliere die Zuordnung und klebe die Bilder neben den Text“ (V8UOP_MP1_La).	Hier wird kodiert, wenn nicht deutlich wird, dass ein SSI-Bezug besteht, sondern eher fachliche Aspekte im Vordergrund stehen. Hier geht es um faktische, nicht um argumentative Aspekte.
	Niveau 1	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI verbleiben die Lernenden überwiegend passiv . Dergestalt, als das bspw. eine Diskussion nur beobachtet wird oder etwas aus einem Text herausgeschrieben wird.	• „Während der Debatte haben die SchülerInnen, welche nicht an der Debatte teilnehmen, die Aufgabe, den Vertreter ihrer jeweiligen Gruppe zu beobachten und sich zum Gesprächsverlauf sowie den persönlichen Meinungen Notizen zu machen“ (KSNN3_MP1_La). • „Seht euch den Poetry Slam von Rita Apel an und macht euch Notizen“ (9N5VM_MP1_La). • „Der Rest wird die in der Diskussion genannten Argumente der verschiedenen Parteien notieren“ (2NQGB_MP1_La).	Wenn eine Auseinandersetzung mit einem SSI-Aspekt in Eigenarbeit und ohne ein sich selbst in Bezug setzen erfolgt, wird Niveau 1 kodiert. Es muss dazu Folgendes gegeben sein: • Auseinandersetzung mit Problem(en), Argument(en), Sichtweisen oder Positionen unter SSI-Bezug. • Eine reine Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Hintergründen in

				deklarativer Form reicht nicht aus. Keine aktive Handlung, dergestalt als aktive (mündliche oder schriftliche) Positionierung und nicht mit Anderen im Diskurs.
	Niveau 2	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI werden die Lernenden in Eigenarbeit aktiv und setzen sich selbst in Bezug . Dergestalt, als dass sie bspw. eine Stellungnahme zu einem SSI-Aspekt verfassen.	„Erläutert, warum Mikroplastik am Strand eine Gefahr darstellt, und macht euch Gedanken, wie man den Sand von Mikroplastik befreien könnte“ (HCQXA_MP1_La). „Mache dir zu folgenden Fragen ausführliche Gedanken und schreibe diese Gedanken auf. Was würdest du dem Kiosk nach dem Sammeln aller Argumente raten? Begründe deine Vorschläge.“ (2NQGB_MP1_La).	Wenn eine aktive auseinandersetzen Positionierung in Eigenarbeit zum SSI und dessen Diskursen erfolgt, wird hier kodiert. Dabei findet eine wahrnehmbare Handlung als aktive (mündliche, schriftliche oder örtliche) Positionierung statt, jedoch nicht im Diskurs mit Anderen.
	Niveau 3	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI werden die Lernenden im Diskurs mit Anderen aktiv . Dergestalt, als dass sie bspw. mit Anderen über SSI-Aspekte diskutieren.	„Finde dich mit den anderen Mitschülern, die die gleiche Rolle haben zusammen und sammelt aus den in den letzten Stunden erarbeiteten Erkenntnissen, sowie aus Hinweisen im Text dieser Rollenkarte Argumente, die zu deiner Rolle und zum Ziel deiner Rolle passen. Ihr dürft auch zusätzliche Informationen zu diesem Thema aus dem Internet recherchieren. Bedenkt jedoch auch das Material aus den letzten Stunden. Ihr habt 30 Minuten Zeit. Danach bestimmt ihr je zwei Personen aus eurer Gruppe zum Diskutieren“ (2NQGB_MP1_La). „Ganz wichtig ist zudem, dass sich im Innenkreis stets ein bis zwei freie Plätze befinden, welche von den Schüler*innen des Außenkreises eingenommen werden können, falls diese sich an der Diskussion beteiligen wollen. Sie verlassen den Stuhlkreis jedoch wieder, sobald sie ihre Argumente vorgebracht haben. (Hugenschmidt & Technau, 2005, S. 66)“ (RNZXE_MP1_La).	Hier wird kodiert, wenn die Lernenden im Diskurs mit Anderen unter SSI-Bezug aktiv werden und sich mit den Positionen Anderer vor dem Hintergrund der eigenen Position aktiv auseinandersetzen.

10.3.3.2 Teilstudie 3: Mikroplastik

Kodierleitfaden zur skalierenden Strukturierung der Lernarrangements Teilstudie 3 (Mikroplastik) im Sinne der QIA nach Mayring

Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Einschätzungsdimensionen:	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Ziele	Die Textpassagen zu Zielen in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zu Zielen in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Analyse des fachlichen Hintergrundes	Die Textpassagen zum fachlichen Hintergrund (Sachanalyse) in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zum fachlichen Hintergrund (Sachanalyse) in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen	Die Textpassagen zur fachdidaktisch-methodischen Begründung in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zur fachdidaktisch-methodischen Begründung in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Quellenarten im Vermittlungsprozess	Das Material für die Lernenden eines Lernarrangements einer Person.	Jeweils die Materialien für die Lernenden in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Handlungsorientierte Arbeitsaufträge	Das Material für die Lernenden eines Lernarrangement einer Person und der entsprechende Verlaufsplan.	Jeweils die Materialien für die Lernenden in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.

Definitionen der Einschätzungsdimensionen
Ziele: Ziele enthalten sowohl eine Inhalts-, als auch eine Verhaltenskomponente und dienen im Unterricht der Anbahnung von Kompetenzen, wodurch sich eine Handlungskomponente ergibt.
Analyse des fachlichen Hintergrundes: Das Thema des Lernarrangements wird mit Blick auf die entsprechende gesellschaftliche Herausforderung, die im Bildungskontext als Socioscientific Issue (SSI) bezeichnet wird, und die angestrebten Ziele über eine differenzierte und vertiefende Auseinandersetzung mit den fachlichen Grundlagen und Zusammenhängen literaturbasiert analysiert.
Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen: Es erfolgt eine begründete und konkrete Erläuterung des gestalteten Lernarrangements passend zu den angestrebten Zielen unter Beachtung zentraler fachdidaktischer Transformations-elemente.
Quellenarten im Vermittlungsprozess: Hier werden die verwendeten Quellenarten in den Materialien für die Lernenden analysiert.
Handlungsorientierte Arbeitsaufträge: Handlungsorientierte Arbeitsaufträge sind Anweisungen an die Lernenden, ihr erworbenes Wissen in Bezug zum jeweiligen SSI konkret handelnd in Aktivitäten anzuwenden.

Ein-schät-zungsdi-mension	Ausprä-gung	Definition	Ankerbeispiel	Kodierregel
Ziele	Niveau 0	Die formulierten Ziele enthalten keine gegenseitig bezüglichen Inhalts- und Verhaltenskomponenten.		Es wird nicht benannt, durch welche Aktivität die Lernenden ein konkretes Ziel erreichen oder es wird nicht benannt, welches Ziel mit einer konkreten Aktivität erreicht werden soll. Es findet eine reine Aufzählung von Zielperspektiven statt.
	Niveau 1	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten .	• „Durch die Durchführung eines Planspiels zu einer Verordnung zur Begrenzung von Mikroplastik auf EU-Ebene diskutieren die SuS die Sinnhaftigkeit des Einsatzes von Mikroplastik und erweitern damit primär ihre Kompetenzen im Bereich Bewertung“ (OR81SE6W_MP2_LA). • „Indem die Lernenden ein argumentatives Gutachten schreiben, lernen Sie Pro- und Kontraargumente gegeneinander abzuwägen und ein begründetes Fazit zu ziehen. Dabei verknüpfen sie ihr vorher gelerntes Wissen zu Grenzwerten und Umweltauswirkungen von MP mit ihrem Wissen zu den Auswirkungen des Waschens eines synthetischen Pullis. Damit erweitern die Lernenden ihre Bewertungs- und Kommunikationskompetenzen“ (OGPS6W4J_MP2_LA). • „In der letzten Doppelstunde sollen die Schüler ihre Bewertungskompetenz und ihre Fähigkeiten im Kompetenzbereich Kommunikation ausbauen, indem sie die Aussagen aus Materialstücken (Aussagen von Industrievertretern, Medien, Umweltverbänden, Schule) kritisch reflektieren und begründet Stellung dazu beziehen“ (G3WDG2H7_MP2_LA).	Es wird benannt, dass die Lernenden durch eine bestimmte Aktivität (wie bspw. durch Experimentieren) ein konkretes Ziel erreichen sollen. Die Ziele können auch implizit formuliert sein.
	Niveau 2	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten und sind mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter curricularen Bezügen begründet.	• „Die Diskussion während des Planspiels soll entsprechend der Bildungsstandards (KMK, 2020) bei den SuS die Kompetenz fördern, Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden und Verfahren und Erkenntnisse sowie die Auswirkungen des eigenen Handelns im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive zu beurteilen und zu bewerten (B 13)“ (OR81SE6W_MP2_LA). • „Eine Einordnung dessen kann innerhalb des Inhaltsfelds 9 Produkte der Chemie des Lehrplans für Chemie an Realschulen in NRW (vgl. 2011, S. 36 f) stattfinden, da dieses die Kontexte Kunststoffe und Kosmetika ermöglicht“ (JP1MYBJS_MP2_LA).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können Aussagen zu curricularen Bezügen hier kodiert werden. Es wird deutlich, dass ein übergeordnetes Ziel dazu beiträgt, im Kernlehrplan (o. Ä.), aufgeführte Kompetenzen anzubahnen.

			• „Dabei soll durch die Recherche in Kleingruppen zunächst die Recherchefähigkeit (K2) und das Arbeiten in einer Gruppe (kooperatives Arbeiten) und schließlich bei der Vorstellung in den neuen Gruppen (Gruppenpuzzle) ihre Präsentationsfähigkeit (K3) gefördert werden. Eine sich daran anschließende Plenumsdiskussion soll zum einen die Argumentationsfähigkeit (K4) fördern, zum anderen wird auch so das Wahrnehmen anderer Positionen zu einem Thema und deren Akzeptanz gestärkt (KLP, 2014, S. 18)“ (3ZVGN3DE_MP2_LA).	
	Niveau 3	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten und sind mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter curricularen Bezügen begründet. Dabei wird die Bedeutung für die Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung erläutert.	• „Die Unterrichtseinheit thematisiert zwei Bereiche mit einer hohen Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung. Zum einen wird die Thematik der Kläranlage behandelt. Kläranlagen stellen in unserer Gesellschaft eine Voraussetzung zur Erfüllung der menschlichen Grundbedürfnisse (Maslow, 1943) dar. Die SuS sollen dementsprechend die Funktion einer Kläranlage kennenlernen und experimentell nachvollziehen, wie das Abwasser aufbereitet wird. Sie sollen dabei die Gemeinsamkeiten der durchgeführten Versuche und der in der Kläranlage ablaufenden Prozesse erkennen. Neben dem funktionellen Aspekt sollen sich die SuS über die generelle Relevanz der Kläranlagen in unserer Gesellschaft bewusstwerden und grob den Kreislauf der Wasseraufbereitung nachvollziehen. Durch die geplante Tagesexkursion in die Kläranlage soll den SuS neben einer Vertiefung des erlernten Wissens (vgl. Kapitel 6) ein Ausblick auf mögliche Berufsfelder gegeben werden, in denen chemische Sachverhalte relevant sind“ (VWQYN1P_MP2_LA). • „Im Fokus steht hierbei jedoch das eigene Konsumverhalten zu hinterfragen und Informationen über die verwendeten Produkte zu erhalten. Das eigene Handeln soll stetig überdacht und andere alternative Lösungsmöglichkeiten entwickelt werden, um die Umwelt nachhaltiger gestalten zu können (Gegenwartsbedeutung)“ (W6MFAH09_MP2_LA). • „Des Weiteren steht das Themengebiet Mikroplastik, wie bereits in der Sachanalyse begründet, in diesem Zusammenhang exemplarisch für eine ganze Reihe an aktuellen gesellschaftlichen Problemen, die durch unseren modernen Lebensstil ausgelöst werden und bietet den Schüler:innen eine Orientierung, wie diese sich auch mit diesen anderen Problemen kompetent auseinandersetzen können“ (U3KJTND7_MP2_LA).	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können Aussagen, in denen ein Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung deutlich wird, kodiert werden.

Analyse des fachlichen Hintergrundes	Niveau 0	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes liegen gravierende fachliche Fehler vor.		Sollte Niveau 0 vergeben werden, können trotz etwaiger Kodierungen keine höheren Niveaus erreicht werden.
	Niveau 1	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird chemisches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen.	„Im Allgemeinen werden unter „Mikroplastik“ feste, unlösliche und nicht biologisch abbaubare synthetische Polymere verstanden. Außerdem unterscheiden sich Kunststoffe nach ihrem mechanisch-thermischen Verhalten in Thermo- und Duroplaste sowie in Elastomere (ebd., S. 52)“ (W6MFAH09_MP2_LA). „Kunststoff werden durch Monomere aus Kohlenwasserstoffmolekülen hergestellt, welche sich zu langen Polymerketten verbinden. Die einzelnen Monomere werden durch das Cracken von Erdöl hergestellt“ (3QU7SJ2_MP2_LA). „Bereits bei der Produktion eines Artikels kann Mikroplastik entstehen. Dabei handelt es sich um primäres Mikroplastik vom Typ A. Beispiel hierfür sind Reibmaterialien in Kosmetika, polymere Schleifmittel, Lasersinterpulver für den 3D-Druck oder Kunststoffpellets, die ein wichtiges Vorprodukt in der Industrie sind (Bertling et al., 2018, S. 9)“ (4B6B5BMZ_MP2_LA).	Hier werden Aussagen zum fachlichen Hintergrund aus chemischer Perspektive kodiert. In Bezug auf Mikroplastik gehören hierzu bspw. Folgende: Eigenschaften von Kunststoffen, Zersetzung von Kunststoffen zu Mikroplastik, Entstehung, Herkunft und Verbreitung von Mikroplastik.
	Niveau 2	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird neben chemischem Wissen auch interdisziplinär naturwissenschaftliches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen.	„Daneben gibt es beispielsweise aufgrund unterschiedlicher Größendefinitionen Probleme der Interpretation vorliegender Studien und es gibt keine einheitlichen Standards bei Analyseverfahren. Zusätzlich ist die Exposition häufig nicht feststellbar. Kurzum wird das Risiko von einer kaum überschaubaren Vielzahl an Faktoren beeinflusst (Fürhacker, 2020, S. 4 f.)“ (MYUJO69M_MP2_LA). „Auf der wissenschaftlichen Seite werden besonders Daten aus der Toxikologie und Epidemiologie hinzugezogen. Diese sollen dabei helfen, Kausalitäten zwischen einem potenziellen Schadstoff und tatsächlichen Schädigungen an Lebewesen und Ökosystemen zu erkennen (Wiedemann, 1999)“ (MH9X3TK6_MP2_LA). „Heutzutage zählen mehr als 100.000 Substanzen zu diesen neuartigen Entitäten, darunter auch Mikroplastik (Steffen et al., 2015). Dass Kunststoff beziehungsweise Plastikmüll an sich problematisch ist, ist schon lange bekannt. Doch ein relativ neues und unerforschtes Forschungsgebiet bildet Mikroplastik, welches erst mit Beginn des 21. Jahrhunderts entstanden ist (Kreienhop et al., 2020)“ (GFEOG3_MP2_LA).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Da Mikroplastik aus verschiedenen naturwissenschaftlichen Perspektiven untersucht wird, zählen in diese Kategorie Aussagen zur Definition von Mikroplastik, zu Fragen der Partikelgröße, zu den (möglichen) Auswirkungen von Mikroplastik für Menschen, Tiere und Umwelt. Auch gehören in diese Kategorie Aussagen zu Mikroplastik in Abwässern und in Kläranlagen. Auch quantifizierte Mikroplastikemissionen beruhen auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen. Mögliche Grenzwerte von Mikroplastik, etwa in Bezug auf Definition und Emission, fußen auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen.
	Niveau 3	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird chemi-	„Im Jahr 2016 wurden in Deutschland insgesamt 11,8 Millionen Tonnen Plastik verbraucht, was umgerechnet bedeutet, dass ein einzelner Mensch in Deutschland ungefähr 38 Kilogramm Plastikmüll	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Hier wird die Einbindung in gesellschaftliche Kontexte relevant. Dies könnte

		schem Wissen und interdisziplinär naturwissenschaftlichem Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen, welches in gesellschaftliche Kontexte eingebettet wird.	konsumiert (Schulz, 2021). Heutzutage liegt die weltweite Produktion von Kunststoffen bei über 300 Millionen Tonnen pro Jahr (Wöhrle, 2018, S. 50). Demnach schreitet die Thematik um Plastik in den letzten Jahren immer weiter voran und etabliert sich mittlerweile nicht nur als ein naturwissenschaftliches Problem, sondern als eine gesellschaftliche Herausforderung“ (W6MFAH09_MP2_LA). • „Daher ist es aus mehreren Gründen sinnvoll, die bisher genutzten Kunststoffe so weit wie es möglich ist zu ersetzen, sei es durch biologisch abbaubare Kunststoffe oder andere Materialien wie zum Beispiel Glas, um so dem wachsenden Problem des Mikroplastiks und der Abhängigkeit von Erdöl entgegenzuwirken. Auch wenn sich die Verwendung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen verlockend anhört, so haben diese auch eventuelle negative Auswirkungen auf die Umwelt“ (3ZVGN3DE_MP2_LA). • „Mikroplastik ist eines der großen Umweltprobleme unserer Zeit. Sowohl in den Medien als auch in wissenschaftlichen Publikationen spielt dieses Thema immer wieder eine wichtige Rolle, wie zum Beispiel bei Somborn-Schulz (2022), Neugebauer et al. (2022) oder in der Tagesschau (ARD, 2022)“ (U3KJTND7_MP2_LA).	u. a. Bestrebungen zur Reduzierung der Kunststoffmenge, Recycling, Verbrauch von Kunststoffen, Mengenangaben von Gesellschaften umfassen. Diese Bestrebungen können politischer Natur sein und können Gesetze zur Folge haben. Perspektiven zum Handeln von Verbraucher*innen gehören hierzu.

Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen	Niveau 0	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen unbegründet und bzw. oder unpassend zum Ziel.		Sollten fachdidaktisch-methodische Entscheidungen unpassend und unbegründet zur Erreichung des Ziels bzw. begründet, aber unpassend zum Ziel bzw. unbegründet, aber passend zum Ziel formuliert werden, kann dies hier kodiert werden.
	Niveau 1	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen begründet und passend zum Ziel .	• „Damit der Unterrichtseinstieg motivierend wirkt und das Interesse der Lernenden anhebt, wird ein WhatsApp-Chatverlauf gewählt. Hierbei geht es in erster Linie darum, dass Schüler/innen motiviert werden und, dass deren Interesse geweckt wird. Bei dem Chatverlauf wird ein Aktualitätsbezug hergestellt, da die Lernenden überwiegend soziale Netzwerke nutzen und mit Werbeatikeln seitens Influencer/innen vertraut sind. Damit die Schüler/innen nicht von der grundlegenden Thematik abweichen, stellt die Lehrkraft bei Bedarf Fragen zum Chatverlauf und lenkt den Fokus auf den Bereich der Unterhaltung, bei der das kosmetische Produkt aufgegriffen wird“ (W6MFAH09_MP2_LA). • „In der ersten Stunde werden die SuS zuerst über ein Bild und einen Kurzvortrag in das Thema eingeführt, daraufhin gehen sie in die	Hier werden fachdidaktische und methodische Entscheidungen erläutert, durch die deutlich wird, weshalb das Lernarrangement entsprechend gestaltet worden ist. Dabei wird deren Sinnhaftigkeit und Passung in Bezug auf die Zielperspektive deutlich, was auch implizit möglich ist. Hier werden die verschiedenen Phasen mit ihren fachdidaktischen Implikationen reflektiert.

		eigenständige Arbeitsphase zur Stofftrennung am Beispiel des Plastikproblems nach dem Konzept des forschenden Lernens über. Durch dieses Vorgehen sind grundlegend alle notwendigen Aspekte erfüllt, um SuS mit dem Förderschwerpunkt Lernen anzusprechen“ (MH9X3TK6_MP2_LA). • „Für jede Gruppe steht dem Material vorausgehend der Arbeitsauftrag mit spezifischen Fragen. Diese Visualisierung dient vor allem der Strukturierung des Arbeitsprozesses der SchülerInnen“ (MYUJO69M_S11).	
Niveau 2	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen literaturbasiert begründet und passend zum Ziel.	• „Auch wird die Methode des Stationenlernens verwendet, damit die Schüler in einem für sie passenden Tempo arbeiten können (Reiners, 2017, S. 138)“ (G3WDG2H7_MP2_LA). • „Eine Zentrale Methode ist die Durchführung von Experimenten, welche sich durch alle Unterrichtsstunden zieht. Das Experiment dient dazu, empirische Erkenntnisgewinnung zu unterstützen, indem es bei der Formulierung und Überprüfung von Hypothesen unter kontrollierten und systematischen variierten Bedingungen eingesetzt wird. (Barke & Harsch, 2001)“ (C7Q81EDU_MP2_LA). • „Die zweite Erarbeitungsphase beendet schließlich die Einzelarbeit der SchülerInnen. Sie sollen dann in ihren Gruppen zum Austausch und zur Festigung ihrer Ergebnisse kommen, um ‚finale‘ Versionen ihrer Lernprodukte zu erstellen. Wie Leisen (2017, S. 1) zum zweiten Schritt des Dreischritts schreibt, sollen die SchülerInnen ihre Lernprodukte, welche den zentralen Bestandteil des Lernens ausmachen, im Sinne der Ko-Konstruktion und des kooperativen Lernens fertigstellen“ (MYUJO69M_MP2_LA).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Es darf kodiert werden, wenn fachdidaktisch-methodische Entscheidungen unter Rückgriff auf bzw. vor dem Hintergrund von Aussagen aus der Literatur getroffen worden sind. Hierzu zählen u. a. Curricula, allgemein- und fachdidaktische sowie erziehungswissenschaftliche Publikationen, aber auch in der Sache fachwissenschaftlich interdisziplinär relevante Publikationen.
Niveau 3	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen literaturbasiert begründet und passend zum Ziel, dabei wird die Bedeutung des Inhalts für die Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung reflektiert.	• „Das Lernarrangement endet damit, dass die SuS die erlernten Inhalte reflektieren und sich von ihrem neu erlernten Wissen Handlungsmöglichkeiten ableiten, wie sie im Alltag selbst der MP-Problematik entgegenwirken können. Dadurch wenden sie das erlernte Wissen an und transferieren es auf Alltagssituationen (vgl. Leisen, 2010)“ (0R81SE6W_MP2_LA). • „Da die Aufgabe der Lehrpersonen nicht nur die Wissensvermittlung ist, sondern auch das Erzeugen von Situationen, in denen das erlernte Wissen seine Anwendung findet (vgl. Reiners, 2017, S. 73), eignet sich die Nutzung der App innerhalb der geplanten Lerneinheit. Sie bietet den Lernenden einen ersten Überblick über ihre alltäglich verwendeten Produkte in Verbindung mit dem Inhaltsstoff Mikropplastik. Darüber hinaus können sie die App in ihrem weiteren	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Hier werden Aussagen kodiert, durch die deutlich wird, dass aufgrund der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen ein Beitrag im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung, auch implizit, geleistet wird. Dies schließt die Reflexion von Bedeutungen und Relevanz des Inhalts im Hinblick auf Gegenwart und Zukunft, sowie auf Exemplarität ein.

			Alltag nutzen und so weitere Informationen zu ihren täglich genutzten Produkten erhalten, was zu der Entwicklung ihrer Handlungsfähigkeit der Entscheidungsfindung und -begründung bei dem Kauf von Produkten beiträgt“ (P3E4KIXW_MP2_LA). „Besonders die Vorläufigkeit als Eigenschaft naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung nach Lederman et al. (2002) lässt sich anhand dieses Beispiels für Schüler transparent machen und fördert damit die naturwissenschaftliche Grundbildung. Ebenso aufgreifen lässt sich das Thema der Grenzwertsetzung, wobei dieser Aspekt sicherlich noch stärker in den Fokus gerückt werden könnte, als es in diesem Lernarrangement der Fall ist. Besonders im Vergleich zu anderen möglichen Themen, wie Stickoxide, Feinstaub oder Nanopartikel, lassen sich die Schwierigkeiten im Spannungsfeld zwischen Politik und Wissenschaft bei Grenzwerten gut aufzeigen“ (G3WDG2H7_MP2_LA).	

Quellenarten im Vermittlungsprozess	Niveau 0	Es werden keine Quellenangaben im Vermittlungsprozess gemacht.		Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien keine Quellenangaben enthalten, kann hier kodiert werden.
	Niveau 1	Es werden populärwissenschaftliche Quellen und Erzeugnisse aus der Lebenswelt im Vermittlungsprozess verwendet.	„https://www.web-wolfsburg.de/klaeranlage/“ (VVWQYN1P_MP2_LA). „Artikel des Verbraucherservice Bayern KDFB e.V.: https://www.verbraucherservice-bayern.de/themen/umwelt/mikroplastik---aus-stieg-der-industrie“ (G3WDG2H7_MP2_LA). „Heinrich Böll Stiftung & Bund für Naturschutz Deutschland (2019), Plastikatlas: Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff (S.12-13). (2. Auflage) Ahrensfelde: Möller Druck und Verlag GmbH. S. 12-13, 24-25, 28-29, 38-39“ (PJSVNCZL_MP2_LA). „AOK (2019). Ist Mikroplastik schädlich für meinen Körper?. Abgerufen am 15. März 2022 von https://www.aok.de/bw-gesund-nah/nachhaltigkeit-und-umwelt/mikro-plastik-wie-schaedlich-ist-es“ (NDBLS0CA_MP2_LA). „https://www.deutschlandfunk.de/eu-richtlinie-zu-mikroplastik-aufregung-um-granulat-fuer-100.html vom 22.07.2019 (letzter Zugriff: 16.03.2022)“ (MYUJO69M_MP2_LA).	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien bspw. Verweise auf Internetquellen oder Zeitungsartikel enthalten, kann hier kodiert werden.

	Niveau 2	Es werden Bildungsmaterialien im Vermittlungsprozess verwendet.	• „https://www.friedrich-verlag.de/chemie/gesellschaft-nachhaltigkeit/eigenschaften-entstehung-und-verwendung-von-mikroplastik-5065“ (0R81SE6W_MP2_LA). • „Bundeszentrale für politische Bildung – Märkisches Gymnasium Schwelm. (2020). MÄRKISCHES GYMNASIUM SCHWELM. https://www.mgs-schwelm.de/mgs-siegt-beim-schuelerwettbewerb-der-bundeszentrale-fuer-politische-bildung/“ (W6MFAH09_MP2_LA). • „Kreienhop, N., Klasmeier, J. & Beeken, M. (2020). Mikroplastik: Ein aktueller Forschungsgegenstand der Wissenschaft. NiU-Chemie, 31(179), 2–6“ (G3WDG2H7_MP2_LA). • „Quarks (2021). Wie gefährlich ist Mikroplastik?. Abgerufen am 15. März 2022 von https://www.quarks.de/umwelt/muell/fakten-zu-mikroplastik/“ (NDBLS0CA_MP2_LA).	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien Verweise auf Bildungsmaterialien enthalten, kann hier kodiert werden. Bildungsmaterialien zeichnen sich durch die Gestaltung von Expert*innen mit dem Zweck der Vermittlung von Bildung aus und sind nach dem Prinzip der Praxisorientierung gestaltet. Dazu gehören: Praxisnahe Publikationen, wie Schul- und Handbücher, und Zeitschriften für Lehrer*innen, wie NiU-Chemie, Internetseiten mit Bildungsmaterialien von anerkannten Bildungsträgern oder Lehrer*innen, wissenschaftsjournalistische Formate, in denen Wissen durch wissenschaftliche Expert*innen an wissenschaftliche Laien kommuniziert wird, etwa Quarks, die Sendung mit der Maus oder TerraX.
	Niveau 3	Es werden wissenschaftliche Quellen im Vermittlungsprozess verwendet.	• „Moore, C. J., Lattin, G. L., & Zellers, A. F. (2011). Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. Revista de Gestão Costeira Integrada, 1, 65–73“ (0R81SE6W_MP2_LA). • „Bertling, J., Bertling, R., Hamann, L. (2018). Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik: Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. In Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (Hrsg.), Kurzfassung der Konsortialstudie. Oberhausen“ (G3WDG2H7_MP2_LA). • „Stöven, K.; Jacobs, F.; Schnug, E. (2015): Mikroplastik: ein selbstverschuldetes Umweltproblem im Plastikzeitalter. In: J Kulturpflanzen 67, S. 241–250“ (NDBLS0CA_MP2_LA). • „https://www.umweltbundesamt.de/eu-plant-beschaenkung-der-verwendung-von#undefined vom 05.03.2019 (letzter Zugriff: 16.03.2022)“ (MYUJO69M_MP2_LA).	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien Verweise auf wissenschaftliche Quellen enthalten, kann hier kodiert werden. Wissenschaftliche Quellen sind schriftliche wissenschaftliche Arbeiten, die von Wissenschaftler*innen mit dem Zweck des wissenschaftlichen Fortschritts verfasst worden sind. Sie sind bei einem Wissenschaftsverlag, einer wissenschaftlichen Gesellschaft oder einem wissenschaftlichen (Forschungs-)Institut publiziert worden. Dies schließt auch Gutachten und Publikationen von Organisationen etwa der Vereinten Nationen oder der Europäischen Union, (zwischenstaatlichen) Ausschüssen, etwa dem IPCC, oder staatlichen Behörden, etwa dem Umweltbundesamt, ein, die wissenschaftlich geprägt sind.
Handlungsorientierte Arbeitsaufträge	Niveau 0	Es gibt keine handlungsorientierten Arbeitsaufträge, die von den Lernenden ein Handeln bezüglich SSI einfordern.	• „Erkläre mit Hilfe des Dichtebegriffs, was im Sandfang passiert und beantworte zusätzlich, wie Sand in das Abwasser gelangt“ (VWVQYN1P_MP2_LA). • „Nun haben wir gemeinsam herausgefunden, was Mikroplastik ist und dass es in vielen Produkten enthalten ist. Aber wie viel ist es überhaupt?“	Hier wird kodiert, wenn nicht deutlich wird, dass ein SSI-Bezug besteht, sondern eher fachliche Aspekte im Vordergrund stehen. Hier geht es um faktische, nicht um argumentative Aspekte.

			Um das herauszufinden, führt ihr in eurer Laborgruppe folgendes Experiment durch“ (P3E4KIXW_MP2_LA). „Stellt euren Experimentierweg dar. Erstellt dazu eine Videosequenz oder erstellt eine strukturierte Versuchsanleitung“ (MH9X3TK6_MP2_LA).	
Niveau 1	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI verbleiben die Lernenden überwiegend passiv . Dergestalt, als das bspw. eine Diskussion nur beobachtet wird oder etwas aus einem Text herausgeschrieben wird.	„Die Lernenden schauen sich in Partnerarbeit das Video an und schreiben ihre Notizen hierzu auf“ (W6MFAH09_MP2_LA). „Lies den Text (Werbetext eines Unternehmens: https://www.sportstaetten-konzepte.de/wissen/details/kunstrasen-vs-naturrasen) und schau dir die Tabelle zu den zehn größten Quellen von Mikroplastik in Deutschland an“ (G3WDG2H7_MP2_LA). „Arbeitsauftrag: Beschäftige dich mit dem folgenden Material. Arbeite dazu folgende Punkte heraus: 1. Was steckt hinter dem Entscheidungsprozess der EU zur Einschränkung von Mikroplastik? a) Welcher Weg wird bis zur Entscheidung gegangen? Wie weit ist der Prozess zur Zeit? b) Wer darf bei der Entscheidung mitwirken? Wer hat mitgewirkt? 2. Was sind Lobbyismus und Politikberatung? Wie wird unterschieden?“ (MYUJO69M_MP2_LA).	Wenn eine Auseinandersetzung mit einem SSI-Aspekt in Eigenarbeit und ohne ein sich selbst in Bezug setzen erfolgt, wird Niveau 1 kodiert. Es muss dazu Folgendes gegeben sein: - Auseinandersetzung mit Problem(en), Argument(en), Sichtweisen oder Positionen unter SSI-Bezug. - Eine reine Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Hintergründen in deklarativer Form reicht nicht aus. - Keine aktive Handlung, dergestalt als aktive (mündliche oder schriftliche) Positionierung und nicht mit Anderen im Diskurs.	
Niveau 2	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI werden die Lernenden in Eigenarbeit aktiv und setzen sich selbst in Bezug . Dergestalt, als dass sie bspw. eine Stellungnahme zu einem SSI-Aspekt verfassen.	„Überlegt euch in Einzelarbeit Argumente, die für die Durchsetzung der Verordnung sprechen. Nutzt für eure Argumentation die Handouts und Infotexte aus der ersten Einheit und recherchiert online. Nutzt bei der Online-Recherche möglichst seriöse Quellen und gebt diese an. Da ihr es relativ einfach haben werdet, Argumente zu finden, ist es umso wichtiger, einen konsequenten und nachvollziehbaren Argumentationsverlauf vorzulegen. Versucht eine stringente Argumentationskette zu formulieren und springt nicht von Argument zu Argument (ca. 20 min.)“ (0R81SE6W_MP2_LA). „Der Beiersdorf-Konzern ist Deutschland größter für Hautpflege mit Marken wie Labello, Eucerin und Nivea. Dabei enthalten 41 Produkte von 78 Produkten Mikroplastik! Begründe weswegen Mikroplastik in gewissen kosmetischen Produkten genutzt wird. Gehe dabei auf die Vor- und Nachteile von Mikroplastik in kosmetischen Produkten ein“ (W6MFAH09_MP2_LA). „Selbstverpflichtung Kosmetikfirmen für Verzicht auf MP: Lies den folgenden Artikel des Verbraucherservice Bayern KDFB e. V.: https://www.verbraucherservice-bayern.de/themen/umwelt/mikroplastik---aus-stieg-der-industrie und beantworte die folgenden Fragen: 1.	Wenn eine aktive auseinandersetzen Positionierung in Eigenarbeit zum SSI und dessen Diskursen erfolgt, wird hier kodiert. Dabei findet eine wahrnehmbare Handlung als aktive (mündliche, schriftliche oder örtliche) Positionierung statt, jedoch nicht im Diskurs mit Anderen.	

			Wie bewertest du die Selbstverpflichtung von Kosmetikfirmen?“ (G3WDG2H7_MP2_LA).	
	Niveau 3	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI werden die Lernenden im Diskurs mit Anderen aktiv . Dargestellt, als dass sie bspw. mit Anderen über SSI-Aspekte diskutieren.	• „Die Schüler:innen legen fest, wie die Positionierung der Rolle aussieht und entscheiden sich für mögliche Kompromisse. Die Schüler:innen erarbeiten Argumente für ihre Rolle und gewichten diese, um sie gezielt einsetzen zu können. Die Schüler:innen legen eine Reihenfolge fest, in der sie abwechselnd ihre Argumente vortragen“ (S1RJ0551_MP2_LA). • „Erläutert, warum Mikroplastik am Strand eine Gefahr darstellt, und macht euch Gedanken, wie man den Sand von Mikroplastik befreien könnte. Seid ihr zu einer Lösung gekommen, dann reflektiert euren Ansatz erneut, indem ihr überlegt, ob sich eure Ideen finanziell umsetzen lassen. Zu welchem Schluss kommt ihr?“ (PJSVNCZL_MP2_LA). • „Zeichne eine Tabelle mit zwei Seiten. Schreibe auf der einen Seite alle Argumente für deine Position auf und auf der anderen Seite alle Argumente gegen deine Position auf. Arbeite gemeinsam mit deiner Gruppe“ (MH9X3TK6_MP2_LA).	Hier wird kodiert, wenn die Lernenden im Diskurs mit Anderen unter SSI-Bezug aktiv werden und sich mit den Positionen Anderer vor dem Hintergrund der eigenen Position aktiv auseinandersetzen.

10.3.3.3 Teilstudie 4: Nitrate

Kodierleitfaden zur skalierenden Strukturierung der Lernarrangements Nitrate (Ni) im Sinne der QIA nach Mayring

Abstraktions-niveau:	Kodiereinheit: (kleinster Materialbestandteil, der kodiert werden kann)	Einschätzungsdimensionen:	Kontexteinheit: (größter Textbestandteil, der kodiert werden kann)	Auswertungseinheit: (welche Textteile nacheinander ausgewertet werden)
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinnabschnitte).	Ziele	Die Textpassagen zu Zielen in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zu Zielen in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Analyse des fachlichen Hintergrundes	Die Textpassagen zum fachlichen Hintergrund (Sachanalyse) in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zum fachlichen Hintergrund (Sachanalyse) in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen	Die Textpassagen zur fachdidaktisch-methodischen Begründung in der Ausarbeitung zum Lernarrangement einer Person.	Jeweils die Textpassagen zur fachdidaktisch-methodischen Begründung in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Quellenarten im Vermittlungsprozess	Das Material für die Lernenden eines Lernarrangements einer Person.	Jeweils die Materialien für die Lernenden in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.
		Handlungsorientierte Arbeitsaufträge	Das Material für die Lernenden eines Lernarrangement einer Person und der entsprechende Verlaufsplan.	Jeweils die Materialien für die Lernenden in allen Ausarbeitungen der Lernarrangements.

Definitionen der Einschätzungsdimensionen

Ziele: Ziele enthalten sowohl eine Inhalts-, als auch eine Verhaltenskomponente und dienen im Unterricht der Anbahnung von Kompetenzen, wodurch sich eine Handlungskomponente ergibt.
Analyse des fachlichen Hintergrundes: Das Thema des Lernarrangements wird mit Blick auf die entsprechende gesellschaftliche Herausforderung, die im Bildungskontext als Socioscientific Issue (SSI) bezeichnet wird, und die angestrebten Ziele über eine differenzierte und vertiefende Auseinandersetzung mit den fachlichen Grundlagen und Zusammenhängen literaturbasiert analysiert.
Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen: Es erfolgt eine begründete und konkrete Erläuterung des gestalteten Lernarrangements passend zu den angestrebten Zielen unter Beachtung zentraler fachdidaktischer Transformationsselemente.
Quellenarten im Vermittlungsprozess: Hier werden die verwendeten Quellenarten in den Materialien für die Lernenden analysiert.
Handlungsorientierte Arbeitsaufträge: Handlungsorientierte Arbeitsaufträge sind Anweisungen an die Lernenden, ihr erworbenes Wissen in Bezug zum jeweiligen SSI konkret handelnd in Aktivitäten anzuwenden.

Einschätzungsdimension	Ausprägung	Definition	Ankerbeispiel	Kodierregel
Ziele	Niveau 0	Die formulierten Ziele enthalten keine gegenseitig bezüglichen Inhalts- und Verhaltenskomponenten.		Es wird nicht benannt, durch welche Aktivität die Lernenden ein konkretes Ziel erreichen oder es wird nicht benannt, welches Ziel mit einer konkreten Aktivität erreicht werden soll. Es findet eine reine Aufzählung von Zielperspektiven statt.
	Niveau 1	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten .	• „Indem die Schülerinnen und Schüler in der dritten Stunde ein Gruppenexperiment zum Nitratgehalt in verschiedenen Bodenproben durchführen und auswerten, erläutern und reflektieren sie die Belastung der Pedosphäre durch den abiotischen Faktor Nitrat“ (UUGHLUFZ_Ni_La). • „Indem die Schüler*innen Versuche wie den Nachweis von Nitraten in Gemüse durchführen und auswerten, erläutern sie die analytischen Verfahren zum Nachweisen von Nitraten“ (6UC9EIAB_Ni_La). • „Die SuS werden dazu befähigt die chemischen Zusammenhänge hinter der Thematik der Nitrate zu erklären, indem sie fachliche Texte strukturiert zusammenfassen und zentrale Elemente ihres Lernprodukts beschreibend der Klasse vorstellen“ (BVP85G40_Ni_La).	Es wird benannt, dass die Lernenden durch eine bestimmte Aktivität (wie bspw. durch Experimentieren) ein konkretes Ziel erreichen sollen. Die Ziele können auch implizit formuliert sein.
	Niveau 2	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten und sind mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter curricularen Bezügen begründet.	• „Die Schüler*innen werden auch in den Kompetenzbereichen der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation gefördert, indem von den Schüler*innen erwartet wird, eine Hypothese aufgrund bereits vertrauter chemischer Konzepte und Alltagswissen zu formulieren (E3) und die Ergebnisse eines Experimentes zu dokumentieren (K1) sowie anderen Schüler*innen und der Klassengemeinschaft mitzuteilen (K4) (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019, S. 17f.)“ (JYZ9Q9CB_Ni_La). • „Hierbei erweitern sie vor allem ihre Kompetenzen in den Bereichen Kommunikation und Bewerten. Denn sie recherchieren in unterschiedlichen Quellen und suchen sich diese heraus, die themenbezogene und aussagekräftige Informationen bieten. Mithilfe ihres Vorwissens aus den bisherigen Stunden können die Schülerinnen und Schüler auch zum Teil die fachliche Richtigkeit der Quellen prüfen (Sekretariat der Kultusministerkonferenz, 2004, S. 12). Diese Kompetenzen entsprechen nach den Bildungsstandards den Kompetenzen K1, K2 und K3“ (SBURER88_Ni_La). • „Hier steht der Erwerb von Fachwissen und die Kommunikation im Vordergrund des Arrangements. Besonders im zweiten und dritten Teil des Arrangements wird der zuletzt genannte Kompetenzbereich in Form des Gruppenpuzzles und der Podiumsdiskussion angesprochen (Bauer, 2010, S. 4) (von Bülow, 2010, S. 8-11)“ (XT1WFHQV_Ni_La).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können Aussagen zu curricularen Bezügen hier kodiert werden. Es wird deutlich, dass ein übergeordnetes Ziel dazu beiträgt, im Kernlehrplan (o. Ä.), aufgeführte Kompetenzen anzubahnen.

	Niveau 3	Die formulierten Ziele enthalten gegenseitig bezügliche Inhalts- und Verhaltenskomponenten und sind mit Blick auf mögliche Kompetenzen unter curricularen Bezügen begründet. Dabei wird die Bedeutung für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung erläutert.	„Als nicht mit dem Thema vertraute Person ist es oftmals schwierig, sich bei komplexen Themen eine eigene Meinung zu bilden oder verschiedene Ansichten fundiert zu beurteilen. Daher sollen die Schüler*innen als zukünftige Mitgestalter der demokratischen Gesellschaft im Folgenden Lernarrangement mittels eines Gruppenpuzzles beziehungsweise Rollenspiels mit unterschiedlichen Positionen vertraut gemacht werden. Ziel ist es, dass sie eine eigene differenzierte Sichtweise zu der Thematik entwickeln.“ (BM83TSA6_Ni_La). „Bezüglich der naturwissenschaftlichen Grundbildung, die als wichtiger Bestandteil der Allgemeinbildung gilt, werden die SuS befähigt, sich aktiv an gesellschaftlichen Diskussionen über die Nitratbelastungen des Grundwassers zu beteiligen (Bundesrepublik, 2004, S. 6). Ferner können sie durch das erworbene Fachwissen zum Thema Nitrate politische Entscheidungen und Maßnahmen, die Emissionen von Nitraten begrenzen sollen, nachvollziehen. Auf das gesamte Lernarrangement bezogen zählen dazu beispielsweise Konzepte, wie die „planetaren Grenzen“ (Gerten & Schellnhuber, 2015) oder die Trinkwasseranordnungen in Deutschland nach EU-Vorgaben (Nitrate im Grundwasser, 2022)“ (DUG41CVH_Ni_La). „Nitrate belasten unsere Umwelt und unsere Gesundheit. Gleichzeitig ist Stickstoffdünger von heutigen landwirtschaftlichen Praktiken nicht mehr wegzudenken, da rund die Hälfte der Weltbevölkerung durch die Hilfe von künstlichen Düngemitteln ernährt wird (Umweltbundesamt, 2011, S. 11). Eine naturwissenschaftliche Grundbildung kann jeden Menschen dazu befähigen, verantwortungsvoll zu agieren und selbst zum Erhalt der eigenen Gesundheit beizutragen“ (RNRMQ5QP_Ni_La).	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können Aussagen, in denen ein Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung deutlich wird, kodiert werden.

Analyse des fachlichen Hintergrundes	Niveau 0	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes liegen gravierende fachliche Fehler vor.		Sollte Niveau 0 vergeben werden, können trotz etwaiger Kodierungen keine höheren Niveaus erreicht werden.
	Niveau 1	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird chemisches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen.	„Das Nitrat-Ion ist trigonal planar (Mortimer, S. 134) und die Bindungswinkel betragen 120°, sodass die reale Struktur zwischen drei mesomeren Grenzstrukturen existieren muss. Nitrate sind gut wasserlöslich und spalten beim Erhitzen Wasser ab, sodass sie also als gute Oxidationsmittel beschrieben werden können (Chemie.de, 03.08)“ (6UC9EIAB_Ni_La). „Nitrate ist ein Oberbegriff für alle Salze, die aus dem Säurerestanion der Salpetersäure und einem Kation bestehen (Mortimer 2020, S. 417). Das Säurerestanion der Salpetersäure wird dabei als das Nitrat-Ion bezeichnet, welches damit auch namensgebend für die Gruppe dieser Salze ist. Das Ion tritt in einer trigonal planaren Struktur auf, es liegen Bindungswinkel von 120° vor. Zusätzlich wir	Hier werden Aussagen zum fachlichen Hintergrund aus chemischer Perspektive kodiert. In Bezug auf Nitrate gehören hierzu bspw. Folgende: Aufbau, Eigenschaften und Verwendung von Nitraten, chemische Bildung von Nitraten, Reaktionen von Nitraten und Umwandlungsprozesse des Stickstoffs.

			das Molekül in drei mesomeren Grenzstrukturen gezeichnet, wodurch es stabil auftritt (Riedel, 2015, S. 510)“ (XT1WFHQV_Ni_La). • „Ein Beispiel einer technischen Stickstoff-Fixierung ist das Haber-Bosch-Verfahren bei dem Ammoniak gebildet wird (Schäfer, 2017, S. 171).“ (FL2N3WGW_Ni_La).	
Niveau 2	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird neben chemischem Wissen auch interdisziplinär naturwissenschaftliches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen.	• „Eine weitere Möglichkeit, wie dem Boden auf natürliche Weise Nitrate hinzugefügt werden, ist durch Regenstürme. Die Atmosphäre besteht zu ca. 80% aus Stickstoff, welcher mit dem Sauerstoff in der Luft durch Blitzschläge zu Nitrat-Ionen reagieren kann. Diese reagieren dann weiter zu Salpetersäure und fallen als saurer Regen auf den Boden, wo durch die Salzbildung die Nitrate gebildet werden (Mortimer & Müller, 2020, S. 409). Der Stickstoff wird schlussendlich durch den Prozess der Denitrifikation wieder zu elementarem Stickstoff umgewandelt und der Luft hinzugefügt, wodurch der Kreislauf geschlossen wird (Erisman, 2011, S. 6)“ (JYZ9Q9CB_Ni_La). • „Nitrate sind ein wichtiger Bestandteil des Stickstoff-Kreislaufs. Während der Fäulnisprozesse toter Lebewesen entstehen Ammoniak und Ammoniumsalze, welche in einem weiteren Schritt von bestimmten Bodenbakterien zu Nitratsalzen oxidiert werden (ebd.). Dieser Schritt wird Nitrifikation genannt, da Nitrit-Ionen als Zwischenprodukt auftreten (ebd.)“ (SBURER88_Ni_La). • „Eine weitere Gefahr des Nitrats ist, dass es in der Lage ist, den Hämoglobin-Komplex zu binden. Dadurch wird die Sauerstoffaufnahme gestört, wodurch insbesondere bei Säuglingen die Gefahr des Erstickens besteht (Elmadfa, 2019, S. 222). Es wird daher dazu geraten, die Aufnahme von Nitraten und Nitriten zu reduzieren (BfR, 2009)“ (XT1WFHQV_Ni_La).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Da Nitrate aus verschiedenen naturwissenschaftlichen Perspektiven untersucht werden, zählen in diese Kategorie Aussagen zur Bildung von Nitraten in der Natur, biologische Betrachtungen zum Stickstoffkreislauf, sowie zu den (möglichen) Auswirkungen von Nitraten auf Menschen, Tiere und Umwelt.	
Niveau 3	Bei der Analyse des fachlichen Hintergrundes wird chemisches Wissen und interdisziplinär naturwissenschaftliches Wissen mit Blick auf das entsprechende SSI herangezogen, welches in gesellschaftliche Kontexte eingebettet wird.	• „Nitrate gelangen über das Trinkwasser oder die Nahrung in den menschlichen Körper. Damit geht die Beschäftigung mit der Trinkwasser-Problematik einher. Das liegt daran, dass das Trinkwasser vielerorts einer hohen Nitratbelastung ausgesetzt ist und dieses aufnimmt. Das Trinkwasser ist durch Düngemittel, vor allem Gülle und Jauche, stark belastet. Deutschland hat im europäischen Vergleich die zweithöchste Nitratbelastung und überschreitet bei durchschnittlich 18 % der Messstationen die Grenzwerte (Gerhard, 02.08.2022). Einige Grundwasservorkommen mussten wegen zu	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Hier wird die Einbindung in gesellschaftliche Kontexte relevant. Dies könnte u. a. die Trinkwasserbelastung, den Düngemittelbedarf und die Nahrungsmittelversorgung umfassen. Hierzu zählen auch Bestrebungen, die politischer Natur sein können und Gesetze zur Folge haben. Perspektiven zum Handeln von Verbraucher*innen gehören ebenso hierzu.	

			hoher Nitratbelastung schon aufgegeben werden, was zu einer aufwändigeren und kostenintensiven Trinkwassergewinnung und -aufbereitung führt (UBA, 2021, S. 19 f.)“ (FUXP4EYN_Ni_La). • „Und genau diesen Gefahren sind die Menschen zurzeit ausgesetzt, da die Nitratbelastungen in den Grundwässern Deutschlands den Grenzwert überschreiten (Sundermann et al., 2020, S. 120). Der Grenzwert liegt zurzeit bei 50 mg/l (Bundesgesundheitsbl.-Gesundheitsforsch.-Gesundheitsschutz, 2004). Dieser ist auf Grundlage der Erfahrungen aus den letzten 50 Jahren zustande gekommen. Denn man hat festgestellt, dass eine Nitratkonzentration bis 50 mg/l im Trinkwasser für Säuglinge gesundheitlich unbedenklich ist (ebd.). Säuglinge wurden dabei als Referenzwert genommen, da sie im Gegensatz zu Kindern und Erwachsenen sensibler sind“ (SBURER88_Ni_La). • „Weil sich mittlerweile auch noch der Gülletourismus ausbreitet, bei dem Landwirte aus benachbarten Ländern ihre Gülle an deutsche Agronomen verkaufen, wird die Nitratbelastung Deutschlands immer höher (Matern, 2022). Dabei müssen die Grenzwerte für Nitrate dringend eingehalten werden, damit gemäß der planetaren Leitplanken keine „irreversiblen Schäden am Erdsystem“ (Zowada, Niebert & Elkis, 2019, S. 5) entstehen“ (YFHM0XUW_Ni_La).	
Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen	Niveau 0	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen unbegründet und bzw. oder unpassend zum Ziel.		Sollten fachdidaktisch-methodische Entscheidungen unpassend und unbegründet zur Erreichung des Ziels bzw. begründet, aber unpassend zum Ziel bzw. unbegründet, aber passend zum Ziel formuliert werden, kann dies hier kodiert werden.
	Niveau 1	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen begründet und passend zum Ziel .	• „Aufgrund der häufig auftretenden kürzeren Aufmerksamkeitsspannen der SchülerInnen mit sonderpädagogischem Förderbedarf sollte die Auswahl des Experiments auf das Vorwissen und die Voraussetzungen der SchülerInnen angepasst werden. Somit wurde sich dazu entschieden den Gehalt von Nitraten in Wasser nicht durch eindampfen ermitteln zu lassen, sondern durch das Nutzen von Nitratteststäbchen“ (14K4FBKE_Ni_La). • „Dabei wird ein Gruppenpuzzle als kooperative Lernform angewendet, sodass fachwissenschaftliche und soziale Kompetenzen erworben werden“ (XT1WFHQV_Ni_La).	Hier werden fachdidaktische und methodische Entscheidungen erläutert, durch die deutlich wird, weshalb das Lernarrangement entsprechend gestaltet worden ist. Dabei wird deren Sinnhaftigkeit und Passung in Bezug auf die Zielperspektive deutlich, was auch implizit möglich ist. Hier werden die verschiedenen Phasen mit ihren fachdidaktischen Implikationen reflektiert.

			• „Die Diskussionsrunde bietet die Möglichkeit, dass die Schüler*innen ihre kommunikativen Fähigkeiten im Bereich des Argumentierens verstärken können und die direkte Gegenüberstellung aller Positionen fördert die eigene Beurteilung und Reflexion des Themas. Zudem wird durch das Hineinversetzen in die Standpunkte, Sichtweisen und Motivationen der einzelnen Rollen die Sozialkompetenz der Schüler*innen gefordert und gefördert“ (FL2N3WGW_Ni_La).	
	Niveau 2	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen literaturbasiert begründet und passend zum Ziel.	• „In der dritten Unterrichtsstunde des Lernarrangements steht ein Schülerexperiment im Vordergrund. Es wird durch verschiedene Methoden und Materialien umrahmt, welche den Kompetenzerwerb fördern. Das Experiment im Chemieunterricht wird als ‚gegenständliche Ebene‘ mit ‚kommunikative[r] Funktion‘ beschrieben (Reiners, 2017, S. 105). Es regt die Motivation und das Interesse der Schülerinnen und Schüler an, sich intensiver mit dem Lerninhalt zu beschäftigen. Dabei stellt das Experiment, welches in der letzten Stunde des Lernarrangements angesiedelt ist, eine Sicherung der Unterrichtsergebnisse und -erkenntnisse dar (Reiners, 2017, S. 106)“ (UUGHLUFZ_Ni_La). • „So bekommen alle Schülerinnen und Schüler die Besprechung mit und können mögliche Lücken auf ihrem Arbeitsblatt schließen. Das Arbeitsblatt, welches als Medium dient, erfüllt mehrere Funktionen und ist eines der klassischsten Medien im Schulunterricht. Zunächst hat es die Funktion, die Motivation der Lernenden zu stärken (Motivierungsfunktion). Durch die im Arbeitsblatt enthaltene inhaltliche Anforderung können die Schülerinnen und Schüler ihr eigenes Können bestätigen. Bestätigung von Erfolg spielt eine wesentliche Rolle, um das Lernen anzuspornen. (vgl. Brettschneider, 2001)“ (R6KODW15_Ni_La). • „Die Aufgabe ist hierbei als Lernaufgabe zu verstehen, da sie schüleraktivierend wirkt, in einer kooperativen Form umgesetzt wird (Partnerarbeit), selbstständiges Lernen fördert und im Gegensatz zu Plenumsphasen durch die individuelle Motivation, die aus freien Arbeitsaufträgen erwächst, eher im Gedächtnis bleibt (Stäudel et al. 2014, S. 2)“ (BVP85G40_Ni_La).	Wenn Niveau 1 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Es darf kodiert werden, wenn fachdidaktisch-methodische Entscheidungen unter Rückgriff auf bzw. vor dem Hintergrund von Aussagen aus der Literatur getroffen worden sind. Hierzu zählen u. a. Curricula, allgemein- und fachdidaktische sowie erziehungswissenschaftliche Publikationen, aber auch in der Sache fachwissenschaftlich interdisziplinär relevante Publikationen.
	Niveau 3	Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen erfolgen literaturbasiert begründet und passend	• „Im gesellschaftlichen Kontext betrachtet spielen Nitrate eine relevante Rolle. Wie in der Sachanalyse bereits erläutert, sind Nitrate in der Landwirtschaft, insbesondere beim Dünger, von Bedeutung.	Wenn Niveau 2 vergeben worden ist, können hier Aussagen kodiert werden. Hier werden Aussagen kodiert, durch die deutlich wird, dass aufgrund der fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen ein Beitrag

		zum Ziel, dabei wird die Bedeutung des Inhalts für die Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung reflektiert.	Im Jahr 2016 reichte die EU-Kommission beim Europäischen Gerichtshof Klage gegen Deutschland aufgrund von Verstößen gegen die europäischen Grundwasserrichtlinien ein. Auch 2019 wurde Deutschland eine erneute Frist durch die EU-Kommission gesetzt. Deutschland musste innerhalb von zwei Monaten Vorschläge zur Senkung der Nitrat-Belastung präsentieren. Geschehe dies nicht, hat dies eine Strafe von bis zu 850.000 Euro täglich zur Folge (Tagesschau, 25.07.2019). Aufgrund der gesellschaftlichen Relevanz und dem einfachen Grund, dass die Wasserversorgung zu den Grundbedürfnissen der Menschen gehört, wird das Thema Nitrate in Bezug auf Wasser und Umwelt im Unterricht behandelt“ (R6KODW15_Ni_La). • „Wie in 3.2 erläutert, beschäftigt sich das Lernarrangement mit Umweltfragen bezüglich Nitrate als eines von Klafkis epochaltypischen Schlüsselproblemen (1996, S. 58). Aufgrund der diversen Partizipationsmöglichkeiten, dem Trainieren von Rücksichtnahme und Verantwortung durch die Rollenkarten, wie dem angestrebten Wissenszuwachs um gesellschaftliche Herausforderungen bezüglich Nitraten und Gülledüngung wird die nach Klafki geforderten Selbst- und Mitbestimmungsfähigkeit und somit die Solidaritätsfähigkeit der Schüler*innen eingeübt (ebd., S. 52)“ (YFHM0XUW_Ni_La). • „Gesellschaftlich relevant ist das Thema Nitrate, weil es sich um ein aktuelles Umweltproblem handelt, das die gesamte Gesellschaft betrifft. Daher ist es notwendig, bei den Schüler*innen als zukünftige Generation ein Bewusstsein für die Problematik zu schaffen“ (BM83TSA6_Ni_La).	im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung, auch implizit formuliert, geleistet wird. Dies schließt die Reflexion von Bedeutungen und Relevanz des Inhalts im Hinblick auf Gegenwart und Zukunft, sowie auf Exemplarität ein.

Quellenarten im Vermittlungsprozess	Niveau 0	Es werden keine Quellenangaben im Vermittlungsprozess gemacht.		Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien keine Quellenangaben enthalten, kann hier kodiert werden.
	Niveau 1	Es werden populärwissenschaftliche Quellen und Erzeugnisse aus der Lebenswelt im Vermittlungsprozess verwendet.	• „Kraa, M. (21. März 2022). Sauberes Trinkwasser: Die mühsame Arbeit der Wasserversorger. BR24, 1-6. Abgerufen am 10. August 2022 von https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/sauberes-trinkwasser-d“ (SBURER88_Ni_La). • „Schwefel bedarfsgerecht düngen. (22. Januar 2020). Abgerufen am 12. August 2022 von https://www.effizientduengen.de/2020/wie-schwefel-bedarfsgerecht-duengen/“ (DUG41CVH_Ni_La).	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien Inhalte aus populärwissenschaftlichen Quellen, wie bspw. Verweise auf Internetquellen oder Zeitungsartikel, enthalten, kann hier kodiert werden.

			„Baden-Württemberg: Die Untersuchungsämter für Lebensmittelüberwachung und Tiergesundheit. (2018). Flüssiges Gemüse: Wie viel Nitrat kann in Smoothies stecken?. https://www.uabw.de/pub/beitrag_printversion.asp?subid=0&Thema_ID=2&ID=2653&Pdf=No&lang=DE (Letzter Zugriff: 03.08.2022, 16:42 Uhr)“ (RNRMQ5QP_Ni_La).	
	Niveau 2	Es werden Bildungsmaterialien im Vermittlungsprozess verwendet.	„https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matna-tech/bio/gym/bp2016/fb9/2_oekologie/04_pflasterfuge/21_nitrat/“ (UUGHLUFZ_Ni_La). „Quelle: https://www.seilnacht.com/Lexikon/Nitrate.htm (aufgerufen am 9.08.2022)“ (R6KODW15_Ni_La). „Quelle: https://www.quarks.de/umwelt/landwirtschaft/das-passiert-wenn-zu-viel-nitrat-in-die-umwelt-kommt/ (aufgerufen am 8.08.2022)“ (R6KODW15_Ni_La).	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien Verweise auf Bildungsmaterialien enthalten, kann hier kodiert werden. Bildungsmaterialien zeichnen sich durch die Gestaltung von Expert*innen mit dem Zweck der Vermittlung von Bildung aus und sind nach dem Prinzip der Praxisorientierung gestaltet. Dazu gehören: Praxisnahe Publikationen, wie Schul- und Handbücher, und Zeitschriften für Lehrer*innen, wie NiU-Chemie, Internetseiten mit Bildungsmaterialien von anerkannten Bildungsträgern oder Lehrer*innen, wissenschaftsjournalistische Formate, in denen Wissen durch wissenschaftlichen Expert*innen an wissenschaftliche Laien kommuniziert wird, etwa Quarks, die Sendung mit der Maus oder TerraX.
	Niveau 3	Es werden wissenschaftliche Quellen im Vermittlungsprozess verwendet.	„Zugriff über: https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser/nutzungbelastungen/faqs-zu-nitrat-im-grund-trinkwasser#welche-messstellennetze-werden-zur-uberwachung-der-nitratgehalte-des-grundwassers-in-deutschland-herangezogen-und-sind-diese-repräsentativ-(28.07.2022)“ (JYZ9Q9CB_Ni_La). „Sundermann, T. et al. (2020): Nitratbelastung im Grundwasser überschreitet Grenzwert seit Langem: Mehr Transparenz und Kontrolle in der Düngepraxis notwendig, DIW Wochenbericht, ISSN 1860-8787, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, Vol. 87, Iss. 9, pp. 119-130“ (BVP85G40_Ni_La). „Riedel, E. Janiak, C. (2015) Anorganische Chemie. (9. Auflage). Berlin/Boston: de Gruyter“ (XT1WFHQV_Ni_La).	Wenn die für die Lernenden erstellten Arbeitsmaterialien Verweise auf wissenschaftliche Quellen enthalten, kann hier kodiert werden. Wissenschaftliche Quellen sind schriftliche wissenschaftliche Arbeiten, die von Wissenschaftler*innen mit dem Zweck des wissenschaftlichen Fortschritts verfasst worden sind. Sie sind bei einem Wissenschaftsverlag, einer wissenschaftlichen Gesellschaft oder einem wissenschaftlichen (Forschungs-)Institut publiziert worden. Dies schließt auch Gutachten und Publikationen von Organisationen, etwa den Vereinten Nationen oder der Europäischen Union, (zwischenstaatlichen) Ausschüssen oder staatlichen Behörden, etwa dem Umweltbundesamt, ein, die wissenschaftlich geprägt sind.

Handlungsorientierte Arbeitsaufträge	Niveau 0	Es gibt keine handlungsorientierten Arbeitsaufträge, die von den Lernenden ein Handeln bezüglich SSI einfordern.	• „Nutzt den Lückentext, um den prozentualen Nitratgehalt in Eurer Probe zu bestimmen. Tragt Euer Ergebnis in die Tabelle ein“ (UUGH-LUFZ_Ni_La). • „Hat sich das Nitratteststäbchen verfärbt?“ (14K4FBKE_Ni_La). • „Damit die Reaktion ablaufen kann werden Temperaturen von ca. 500 °C und 250 bar benötigt. Setze dich mit deinem Partner/deiner Partnerin zusammen und wendet das Prinzip von Le Chatelier an, um den Einfluss von einer Temperaturerhöhung & Temperatursenkung (niedriger/höher als 500 °C) und einer Druckerhöhung & Drucksenkung (höher/niedriger als 250 bar) zu erklären. Versucht eine Begründung zu finden, warum die Reaktion erst bei 500 °C ablaufen kann“ (1D47RSVU_Ni_La).	Hier wird kodiert, wenn nicht deutlich wird, dass ein SSI-Bezug besteht, sondern eher fachliche Aspekte im Vordergrund stehen. Hier geht es um faktische, nicht um argumentative Aspekte.
	Niveau 1	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI verbleiben die Lernenden überwiegend passiv . Dergestalt, als das bspw. eine Diskussion nur beobachtet wird oder etwas aus einem Text herausgeschrieben wird.	• „Lesen Sie die den Text „Ausgangssituation: Der Trinkwasserskandal“ und machen Sie sich Notizen dazu“ (SBURER88_Ni_La). • „Du liest den Artikel „Zu viel Nitrat im Grundwasser“ der Deutschen Umwelthilfe in der aktuellen Zeitung. Ermittle die Nachteile der Nutzung von Nitratdüngern und halte deine Ergebnisse in der beigefügten Tabelle fest. Verwende dazu auch den Informationstext zu den Biochemischen Hintergründen“ (DUG41CVH_Ni_La). • „Rolle: Protokollführer*in. Du bist heute Protokollführer*in. Nicht allen Menschen ist klar, was Grenzwerte sind, wie aussagekräftig sie sind und wie sie überhaupt festgelegt werden. Deine Aufgabe ist es heute, die genannten Punkte stichpunktartig an der Tafel festzuhalten. Höre während der Diskussion gut zu und wechsle dich mit deinem*r Partner*in beim Schreiben an der Tafel ab“ (YP7MC8RD_Ni_La).	Wenn eine Auseinandersetzung mit einem SSI-Aspekt in Eigenarbeit und ohne ein sich selbst in Bezug setzen erfolgt, wird Niveau 1 kodiert. Es muss dazu Folgendes gegeben sein: • Auseinandersetzung mit Problem(en), Argument(en), Sichtweisen oder Positionen unter SSI-Bezug. • Eine reine Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Hintergründen in deklarativer Form reicht nicht aus. • Keine aktive Handlung, dergestalt als aktive (mündliche oder schriftliche) Positionierung und nicht mit Anderen im Diskurs.
	Niveau 2	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI werden die Lernenden in Eigenarbeit aktiv und setzen sich selbst in Bezug . Dergestalt, als dass sie bspw. eine Stellungnahme zu einem SSI-Aspekt verfassen.	• „Bewerte anhand deiner Recherche den Umgang mit Nitraten in unserer Gesellschaft reflektiert“ (PHAN274U_Ni_La). • „Notiere die Argumente zu deiner Position“ (BM83TSA6_Ni_La). • „Recherchiere im Internet über die Gefahren von Nitraten und bewerte anschließend den Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel im Hinblick auf mögliche daraus entstehende Umweltprobleme“ (6UC9EIAB_Ni_La).	Wenn eine aktive auseinandersetzensche Positionierung in Eigenarbeit zum SSI und dessen Diskursen erfolgt, wird hier kodiert. Dabei findet eine wahrnehmbare Handlung als aktive (mündliche, schriftliche oder örtliche) Positionierung statt, jedoch nicht im Diskurs mit Anderen.

	Niveau 3	In den handlungsorientierten Arbeitsaufträgen bezüglich SSI werden die Lernenden im Diskurs mit Anderen aktiv . Dergestalt, als dass sie bspw. mit Anderen über SSI-Aspekte diskutieren.	• „Diskutieren Sie in der Gruppe die Interessen ihrer zugeordneten Position. Notieren Sie sich Argumente für die Podiumsdiskussion“ (FUXP4EYN_Ni_La). • „Tauscht euch mit den Gruppenmitgliedern eurer Expertengruppe aus und erstellt einen kurzen Vortrag“ (XT1WFHQV_Ni_La). • „Tragt gemeinsam mit eurer Gruppe die neuen Erkenntnisse zu den Nitratverbindungen in drei der vier Kästchen ein. Schreibt in das vierte Kästchen Gemeinsamkeiten der Verbindungen“ (XT1WFHQV_Ni_La).	Hier wird kodiert, wenn die Lernenden im Diskurs mit Anderen unter SSI-Bezug aktiv werden und sich mit den Positionen Anderer vor dem Hintergrund der eigenen Position aktiv auseinandersetzen.

10.3.4 Kodierleitfäden: Grundsätzliche Einstellungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI und entsprechende Einschränkungen

10.3.4.1 Teilstudien 1 und 3: Mikroplastik

Kodierleitfaden zur deduktiven Kategorienanwendung zu grundsätzlichen Einstellungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI in den Mikroplastikstudien

Frage: Welche grundsätzlichen Einstellungen haben die befragten Chemielehramts-studierenden bezüglich der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik?	
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit:
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinn).
Kontexteinheit:	Auswertungseinheit:
Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Reflexionsaufgaben und im Interview einer Person zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik.	Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Reflexionsaufgaben und in den Interviews aller Befragten zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik.

Oberkategorie	Beschreibung	MP1	MP2
Zustimmung	Die Chemielehramtsstudierenden stimmen uneingeschränkt der Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik zu, indem sie bspw. schildern, dass sie dies in ihrem späteren Unterricht umsetzen wollen.	90	143
Ablehnung	Die Chemielehramtsstudierenden lehnen die Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik ab. Sie wollen dies in ihrem späteren Unterricht nicht umsetzen.	0	0
Zustimmung mit Einschränkung	Die Chemielehramtsstudierenden stimmen der Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik mit Einschränkungen zu, indem einschränkende Elemente erläutert werden.	33	9

Kodierleitfaden zur induktiven Kategorienbildung zu einschränkenden Aspekten zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI in den Mikroplastikstudien

Frage: Welche Aspekte führen die befragten Chemielehramtsstudierenden an, die aus ihrer Sicht die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik einschränken?	
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit:
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinn).
Kontexteinheit:	Auswertungseinheit:
Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Reflexionsaufgaben und im Interview einer Person zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik, die der Oberkategorie „Zustimmung mit Einschränkung“ zugeordnet worden sind.	Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Reflexionsaufgaben und in den Interviews aller Befragten zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik, die der Oberkategorie „Zustimmung mit Einschränkung“ zugeordnet worden sind.

Oberkategorie	Kategorie	Beschreibung	MP1	MP2
Zustimmung mit Einschränkung	Fächerübergreifende Vermittlung ist geeigneter	Die Chemielehramtsstudierenden erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Mikroplastik grundsätzlich zustimmen, doch sehen sie eine fächerübergreifende Vermittlung, etwa in Projekten, als geeigneter an, um die Facetten dieses Themas ausführlich über mehrere Schulfächer thematisieren zu können.	21	7
	Kunststoffe sind besser erforscht als Mikroplastik	Die Chemielehramtsstudierenden erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Mikroplastik grundsätzlich zustimmen, doch sehen Herausforderungen dahingehend, dass bei diesem Thema von wissenschaftlicher Seite noch Unklarheiten und Herausforderungen vorliegen. Daher würden sie Kunststoffe im Allgemeinen eher in den Fokus stellen und Mikroplastik als Spezialfall thematisieren.	4	2
	Zu wenig Zeit für Mikroplastik gegeben	Die Chemielehramtsstudierenden erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Mikroplastik grundsätzlich zustimmen, doch sehen sie Erschwernisse in der Thematisierung aufgrund des Lehrplans und des geringen Stundenkontingents.	4	0
	Mikroplastik ist ein zu komplexes Thema	Die Chemielehramtsstudierenden erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Mikroplastik grundsätzlich zustimmen, doch schätzen sie dieses Thema aufgrund der Komplexität als schwierig für Lernende an den verschiedenen Schulformen ein.	4	0

10.3.4.2 Teilstudie 4: Nitrate

Kodierleitfaden zur deduktiven Kategorienanwendung zu grundsätzlichen Einstellungen zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI in der Nitratstudie

Frage: Welche grundsätzlichen Einstellungen haben die befragten Chemielehramts-studierenden bezüglich der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate?	
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit:
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinn).
Kontexteinheit:	Auswertungseinheit:
Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Bilanzierungen und im Interview einer Person zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate.	Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Bilanzierungen und in den Interviews aller Befragten zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate.

Oberkategorie	Beschreibung	Häufigkeit
Zustimmung	Die Chemielehramtsstudierenden stimmen uneingeschränkt der Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate zu, indem sie bspw. schildern, dass sie dies in ihrem späteren Unterricht umsetzen wollen.	90
Ablehnung	Die Chemielehramtsstudierenden lehnen die Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate ab. Sie wollen dies in ihrem späteren Unterricht nicht umsetzen.	1
Zustimmung mit Einschränkung	Die Chemielehramtsstudierenden stimmen der Vermittlung einer naturwissenschaftliche Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate mit Einschränkungen zu, indem einschränkende Elemente erläutert werden.	9

Kodierleitfaden zur induktiven Kategorienbildung zu einschränkenden Aspekten zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI in der Nitratstudie

Frage: Welche Aspekte führen die befragten Chemielehramtsstudierenden an, die aus ihrer Sicht die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate einschränken?	
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit:
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinn).
Kontexteinheit:	Auswertungseinheit:
Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Bilanzierungen und im Interview einer Person zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate, die der Oberkategorie „Zustimmung mit Einschränkung“ zugeordnet worden sind.	Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Bilanzierungen und in den Interviews aller Befragten zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate, die der Oberkategorie „Zustimmung mit Einschränkung“ zugeordnet worden sind.

Oberkategorie	Kategorie	Beschreibung	Häufigkeit
Zustimmung mit Einschränkung	Einbettung des Themas Nitrate in den Lehrplan schwierig	Die Chemielehramtsstudierenden erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Nitrate grundsätzlich zustimmen, doch ist für sie schwierig eine Einbettung des Themas Nitrate mit dem entsprechenden Lehrplan zu begründen.	6
	Vermittlung des Themas Nitrate, wenn es die Unterrichtszeit neben anderen wichtigen Themen zulässt	Die Chemielehramtsstudierenden erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Nitrate grundsätzlich zustimmen, doch sehen sie Herausforderungen, es in der wenigen Unterrichtszeit im Chemieunterricht neben anderen wichtigen Themen zu thematisieren.	2
	Potenzielles Desinteresse der Lernenden an Thematik	Die Chemielehramtsstudierenden erläutern, dass sie einer Vermittlung des Themas Nitrate grundsätzlich zustimmen, doch sehen sie Erschwernisse in der Thematisierung aufgrund potenziellen Desinteresses der Lernenden.	1

10.3.5 Kodierleitfäden: Perspektiven zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI

10.3.5.1 Teilstudien 1 und 3: Mikroplastik - Vermittlungsperspektiven

Kodierleitfaden zur induktiven Kategorienbildung zu Perspektiven zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik in den Mikroplastikstudien

Frage:			
Was ist den Chemielehramtsstudierenden bei der Vermittlung einer natur-wissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik besonders wichtig und was gilt es aus ihrer Sicht zu beachten?			
Abstraktionsniveau:		Kodiereinheit:	
Mittleres Abstraktionsniveau.		Klare bedeutungstragende Elemente (Sinn).	
Kontexteinheit:		Auswertungseinheit:	
Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Bilanzierungen und im Interview einer Person zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik.		Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Bilanzierungen und in den Interviews aller Befragten zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik.	
Selektionskriterium	Kategorie	Häufigkeit	
		MP 1	MP 2
Lernmöglichkeiten (Mö)		51	72
	MöA Mikroplastikthematik ermöglicht vielseitiges Lernen	15	20
	MöB Vorläufigkeit der Erkenntnisse über Mikroplastik	5	12
	MöC Mikroplastikthematik ermöglicht Lebensweltbezüge	25	28
	MöD Möglichkeit wissenschaftliche Prozesse zu thematisieren	6	12
Beiträge zum Umgang mit Medien (MMk)		31	20
	MMkA Medienkompetenz anhand der Mikroplastikthematik fördern	6	8
	MMkB Aussagen und Quellen kritisch reflektieren lernen	25	12
Inhaltliche Aspekte Mikroplastik (IAM)		21	93
	IAMA Mit Mikroplastik Ambivalenz von Kunststoff aufzeigen	3	14

	IAMB Folgen von Mikroplastik und Kunststoffen vermitteln	5	19
	IAMC Alternativen zu Kunststoffen thematisieren	2	7
	IAMD Mikroplastikdefinitionen reflektieren	1	11
	IAME Eigenschaften von Mikroplastik thematisieren	1	17
	IAMF Herausforderungen von Mikroplastik thematisieren	2	17
	IAMG Wichtigkeit von Recyclingprozessen vermitteln	7	8
Schwierigkeiten		14	4
	SwA Mikroplastikthematik ist für Lernende zu komplex	5	3
	SwB Umfangreiche Mikroplastikthematik zeitlich schwer umsetzbar	5	0
	SwC Forschungslücken und Vorläufigkeiten erschweren Vermittlung	4	1
Konkrete Ideen zur Vermittlung		53	42
	kIA Vermittlungsweg von den chemischen Grundlagen zu den Folgen	14	10
	kIB Erkundungen zu Mikroplastik in der Lebenswelt	2	2
	kIC Offene Arbeitsformen zum eigenständigen Wissenserwerb	17	8
	kID Zur Konsumreflexion App nutzen, die Inhaltsstoffe zeigt	4	1
	kIE Science Slams zur Sensibilisierung zu Mikroplastik nutzen	3	0
	kIF Konkrete Plastikregelungen thematisieren	1	2
	kIG Bei Mikroplastikthematisierung diskursive Methoden nutzen	5	9
	kIH Experimente zur Mikroplastikthematik	6	10
Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln		59	121
	gHaA Handlungsmöglichkeiten bzgl. Mikroplastik thematisieren	10	34
	gHaB Gesellschaftliches Problembewusstsein für Mikroplastik	23	33

	gHaC Einfluss von Chemie auf das gesellschaftliche Leben	11	18
	gHaD Potenzial zur Förderung von Mündigkeit und Partizipation	15	36
Möglichkeiten zur Unterrichts- bindung		86	83
	UaA Thematische Begründung curricular möglich	6	23
	UaB Intensivere Thematisierung von Mikroplastik als Projekt	18	5
	UaC Thematisierung auch immer als Exkurs möglich	6	7
	UaD Thematisierung bei Stofftrennung möglich	5	10
	UaE Thematisierung als Teilelement bei Kunststoffen (OC)	14	15
	UaF Thematisierung bei Kunststoffen (OC) in der Mittelstufe	9	4
	UaG Thematisierung bei Kunststoffen (OC) in der Oberstufe	13	12
	UaH Mikroplastik lässt sich auch fächerübergreifend behandeln	15	7
Umwelt- und Nachhaltigkeitsas- pekte		47	73
	UNA Umwelt (-folgen) bei Mikroplastikthematisierung wichtig	14	37
	UNB Plastikkonsum und seine Auswirkungen thematisieren	28	29
	UNC Viele junge Menschen an Nachhaltigkeit interessiert	5	7

10.3.5.2 Teilstudie 4: Nitrate – Vermittlungsperspektiven

Kodierleitfaden zur induktiven Kategorienbildung zu Perspektiven zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate

Frage:		
Was ist den Chemielehramtsstudierenden bei der Vermittlung einer natur-wissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate besonders wichtig und was gilt es aus ihrer Sicht zu beachten?		
Abstraktionsniveau:		Kodiereinheit:
Mittleres Abstraktionsniveau.		Klare bedeutungstragende Elemente (Sinn).
Kontexteinheit:		Auswertungseinheit:
Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Bilanzierungen und im Interview einer Person zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate.		Aussagen im ausgefüllten Postfragebogen, in den Bilanzierungen und in den Interviews aller Befragten zur Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Nitrate.
Hauptkategorie	Kategorie	Häufigkeit
Lernmöglichkeiten		13
	MöA Nitrathematik ermöglicht Lebensweltbezüge	13
Inhaltliche Aspekte Nitrate		28
	IANA Verwendung und Folgen von Nitraten	21
	IANB Chemische Reaktionen von Nitraten	2
	IANC Eigenschaften von Nitraten	5
Schwierigkeiten		15
	SwA Nitrathematik ist für Lernende zu komplex	2
	SwB Nitrathematik zeitlich schwer umsetzbar	5
	SwC Nitrathematik ist unbedeutend	5
	SwD Lehrplananbindung für Nitrathematik schwierig	3
Konkrete Ideen zur Vermittlung		81

	kIA Vermittlungsweg von den chemischen Grundlagen zu den Folgen	17
	kIB Stickstoffkreislauf als exemplarischer Zugang	22
	kIC Grenzwertdiskurs nutzen	3
	kID Analytische Verfahren bei Nitraten	14
	kIE Exkursion zu außerschulischen Lernorten	4
	kIF Nitrate in Lebensmitteln, Trinkwasser und Gewässern	11
	kIG Zur Thematisierung von Nitraten diskursive Methoden nutzen	8
	kIH Historische Ansätze bzgl. Nitrathematik berücksichtigen	1
	kII Bei Nitraten Lernende selbst recherchieren lassen	1
Beiträge zum gesellschaftlichen Handeln		77
	gHaA Handlungsmöglichkeiten bzgl. Nitraten thematisieren	17
	gHaB Gesellschaftliches Problembewusstsein für Nitrate	26
	gHaC Einfluss von chemischen Stoffen auf das Leben	8
	gHaD Potenzial zur Förderung von Mündigkeit und Partizipation	26
Möglichkeiten zur Unterrichts- anbindung		49
	UaA Thematische Begründung curricular möglich	8
	UaB Intensivere Thematisierung von Nitraten als Projekt	7
	UaC Thematisierung auch immer als Exkurs möglich	9
	UaD Thematisierung bei Stoffklassen in der Mittelstufe möglich	3
	UaE Thematisierung bei Säuren und Basen	2
	UaF Thematisierung bei Salzen	9
	UaG Thematisierung bei chem. Gleichgewicht in der Oberstufe	3

	UaH Mikroplastik lässt sich auch fächerübergreifend behandeln	8
Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte		40
	UNA Umwelt (-folgen) bei Nitratthematik wichtig	17
	UNB Nitrate und seine Auswirkungen reflektieren	20
	UNC Nitrate im Kontext von Nachhaltigkeit thematisieren	3

10.3.6 Kodierleitfaden: Weiterentwicklungen und Herausforderungen der Studierenden der Vorstudie SChemTeC

Kodierleitfaden zur induktiven Kategorienbildung: Weiterentwicklungen der Studierenden und Herausforderungen im Lernprozess

Frage: Welche Weiterentwicklungen bilanzieren die Studierenden bei sich selbst nach Abschluss der Seminarphase Wissensaneignung und welchen Herausforderungen begegnen sie im Lernprozess? Definition des Selektionskriteriums „reflektierende Bilanzierung“: In der reflektierenden Bilanzierung bilanzieren die Studierenden ihre individuellen Weiterentwicklungen durch das Seminar und berücksichtigen dabei auch Herausforderungen, die ihnen begegnet sind.			
Abstraktionsniveau:	Kodiereinheit:	Kontexteinheit:	Auswertungseinheit:
Mittleres Abstraktionsniveau.	Klare bedeutungstragende Elemente (Sinn).	Antworten auf die Reflexionsaufgabe einer befragten Person.	Antworten auf die Reflexionsaufgaben aller Befragten.

Hauptkategorie	Kategorie	Ankerbeispiel
Herausforderungen	Recherche adäquater Informationen und Quellen	„Eine klare Herausforderung war immer wieder die Recherche geeigneter Quellen. Viele Quellen sind entweder nicht wissenschaftlich belastbar oder aber durch diverse Paywalls geschützt.“ (SDC556H_V2_Ra)
	Rechercheergebnisse zielorientiert zu strukturieren	„Auch hat mich überrascht, dass es nicht so leicht ist seine Rechercheergebnisse in eine sinnvolle Struktur zu bringen“ (ABS234A_V2_Ra)
Weiterentwicklungen	Kritische Auseinandersetzung mit Quellen, Medien	„Ja. Ich merke auf jeden Fall, dass schon die Tatsache, dass man sich irgendwie mit so einem Thema, sei es jetzt Luftschadstoffe oder alles, was mit Klima oder Umwelt zu tun hat, wenn man sich einmal damit irgendwie beschäftigt hat, dass (...) man auch danach irgendwie sich noch einmal so Themen, wenn sie einem irgendwie dann begegnen, sei es in Medien oder sowas, dass nicht der erste Impuls ist: „Achso, ja das ist so.“, sondern: „Aha, <u>ist</u> das so?““ (AQY987G_V2_I)