

# Professionsrelevantes Fachwissen fördern

—

## Konzeption und Evaluation eines Lehr-/Lern-Moduls zur Kohärenzsteigerung in der Chemielehrkräftebildung



Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

vorgelegt von

Niklas Heinrich Prewitz

angenommen im Jahr 2025

Begutachtung: Prof. Dr. Katharina Groß  
Prof. Dr. David-S. Di Fuccia

Termin der Disputation: 23.09.2025

**Dieses Promotionsprojekt wurde gefördert durch die bischöfliche Studienförderung Cusanuswerk.**

**„To teach is first to understand.“**

Lee S. Shulman, 1987

## Inhaltsverzeichnis

|  |      |
|--|------|
| Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....  | VII  |
| Abbildungen .....  | VII  |
| Tabellen .....   | VIII |
| Abkürzungsverzeichnis .....  | IX   |
| Kurzzusammenfassung .....  | X    |
| Abstract .....   | XII  |
| 1    Einleitung .....  | 1    |
| 2    Theoretischer Hintergrund.....  | 4    |
| 2.1    Modellierung des Lehrberufswissens .....  | 4    |
| 2.1.1 Grundlegende Konzeptualisierung des Lehrberufswissens.....   | 4    |
| 2.1.2 Das Refined Consensus Model of PCK.....  | 8    |
| 2.2    Bedeutung der universitären Lehrkräftebildung im<br>Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte .....            | 11   |
| 2.3    Kohärenz in der Lehrkräftebildung .....   | 13   |
| 2.4    Problem der mangelnden Kohärenz der Lehrkräftebildung .....   | 15   |
| 2.5    Bedeutung des Fachwissens im Professionalisierungsprozess.....  | 17   |
| 2.6    Ansätze zur Kohärenzsteigerung in der Chemielehrkräftebildung .....   | 19   |
| 2.6.1 Hermanns: Steigerung der vertikalen Kohärenz innerhalb der<br>Subdisziplin Organische Chemie .....                         | 19   |
| 2.6.2 Lorentzen: Steigerung der vertikalen Kohärenz innerhalb der<br>Subdisziplin Physikalische Chemie .....                     | 21   |
| 2.6.3 Birkenstock: Steigerung der horizontalen Kohärenz zwischen den<br>Subdisziplinen Organische und Physikalische Chemie ..... | 25   |
| 3    Zielsetzung und Untersuchungsdesign .....   | 27   |
| 3.1    Zusammenfassung des Forschungsstandes und Ableitung der<br>Forschungslücke .....  | 27   |
| 3.2    Zielsetzung und Forschungsfrage.....  | 28   |
| 3.3    Forschungsmethodische Rahmung – Design-Based Research.....  | 29   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.4   | Erhebungs- und Auswertungsmethodik .....   | 30 |
| 3.4.1 | Schriftliche Befragungsformen.....   | 31 |
| 3.4.2 | Qualitative Inhaltsanalyse.....  | 33 |
| 3.4.3 | Videographie.....  | 35 |
| 3.4.4 | Teilnehmende Beobachtung.....  | 36 |
| 3.4.5 | Arbeits-/Lernprodukte .....  | 37 |
| 4     | Konzeption und Evaluation des Lehr-/Lern-Moduls.....   | 39 |
| 4.1   | Framing .....  | 39 |
| 4.1.1 | Verortung des Lehr-/Lern-Moduls im Studienverlauf .....  | 40 |
| 4.1.2 | Vorstudie: Erfassung der Ausgangslage zur bedarfsgerechten<br>Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls .....   | 42 |
| 4.1.3 | Konzeptionsbezogene Ableitungen – Zielsetzungen .....  | 51 |
| 4.2   | Design Modulphase 1 .....  | 53 |
| 4.2.1 | Grundkonzeption und erste erfahrungsbasierte Anpassungen von<br>Modulphase 1.....  | 53 |
| 4.2.2 | Empirische Analyse von Modulphase 1 – Artikel 1: The Importance of<br>a Horizontal Interlinking Dimension in Content Knowledge for<br>Chemistry Teacher Education .....  | 56 |
| 4.3   | Theoriebezogene Ableitung: Professionsrelevantes Fachwissen .....  | 59 |
| 4.4   | Re-Design Modulphase 1 – Artikel 2: Design and Evaluation of an<br>Iterative Concept Mapping Approach to Foster the Interlinking of<br>University-Acquired Chemistry Content Knowledge for School<br>Teaching..... | 62 |
| 4.5   | Design Modulphase 2.....   | 75 |
| 4.6   | Erste Evaluation und mögliches Re-Design von Modulphase 2 .....  | 79 |
| 4.6.1 | Evaluation der gewählten Erhebungsinstrumente .....  | 80 |
| 4.6.2 | Evaluation des spezifischen Vorgehens .....  | 80 |
| 5     | Finale Modulkonzeption – Artikel 3: Konzeption und Evaluation eines Lehr-/<br>Lern-Moduls zur Kohärenzsteigerung der (universitären) Chemielehr-<br>kräftebildung.....   | 82 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 5.1    | Weiterführende Reflexion des Modulkonzepts .....  | 100 |
| 6      | Zusammenfassung und Fazit .....   | 106 |
| 6.1    | Zusammenfassung .....   | 106 |
| 6.1.1  | Rahmung der Arbeit – Framing .....  | 106 |
| 6.1.2  | Modulkonzeption – (Re-)Design-Prozess.....  | 108 |
| 6.1.3  | Gesamtmodulevaluation .....   | 111 |
| 6.2    | Limitationen .....  | 111 |
| 6.3    | Fazit und Implikationen für die universitäre<br>(Chemie-)Lehrkräftebildung.....   | 112 |
| 7      | Literaturverzeichnis .....  | 118 |
| Anhang | .....   | 132 |
| I.     | Erhebungsinstrumente .....  | 132 |
| I.I    | Fragebogen zur Erfassung der studentischen Kohärenzwahrnehmung<br>im Lehramtsstudium .....  | 132 |
| I.II   | Selbsteinschätzungsbogen Interesse und Grundwissen .....  | 137 |
| I.III  | Reflexionsprompts Prozessportfolio.....   | 138 |
| I.IV   | Abschlussevaluationsbogen Gesamtmodul .....   | 140 |
| II.    | Codierleitfäden .....   | 142 |
| II.I   | Codierleitfaden zur zusammenfassenden Inhaltsanalyse der offenen<br>Frageitems zur studentischen Kohärenzwahrnehmung .....                            | 142 |
| II.II  | Codierleitfaden zur inhaltlich strukturierenden qualitativen<br>Inhaltsanalyse der Prozessportfolios – wahrgenommene<br>Herausforderungen .....       | 146 |
| II.III | Codierleitfaden zur inhaltlich strukturierenden qualitativen<br>Inhaltsanalyse der Prozessportfolios – wahrgenommene Effekte von<br>Modulphase 1..... | 147 |
| II.IV  | Codierleitfaden zur inhaltlich strukturierenden qualitativen<br>Inhaltsanalyse der offenen Frageitems der Abschlussevaluationsbögen .                 | 149 |
| III.   | Übersichten der Modulkonzeptionen .....   | 151 |

|  |     |
|--|-----|
| III.I Ursprüngliches Design.....           | 151 |
| III.II Finale Modulkonzeption.....         | 151 |
| IV. Anhänge der eingebundenen Artikel..... | 152 |
| IV.I Anhang Artikel 1.....                 | 152 |
| IV.II Anhang Artikel 2.....                | 156 |
| IV.III Anhang Artikel 3 .....              | 169 |
| Teilpublikationen.....                     | 178 |
| Tagungsbandbeiträge.....                   | 178 |
| Publizierte Artikel .....                  | 178 |
| Zur Publikation eingereichte Artikel ..... | 178 |

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungen

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Modell zum kumulativen Kompetenzaufbau unterrichtsbezogener Kompetenzen .....   | 2  |
| Abbildung 2: Refined Consensus Model of PCK – RCM (Carlson et al., 2019). .....  | 9  |
| Abbildung 3: Freiburger Säulen-Phasen-Modell der Kohärenz in der Lehrerbildung (Hellmann, 2019). .....   | 14 |
| Abbildung 4: Grundaufbau aller Seminarsitzungen des Lernmoduls nach Lorentzen (2020). .....  | 23 |
| Abbildung 5: Allgemeiner Verlauf von Design-Based-Research-Projekten (in Anlehnung an Fraefel, 2014). .....  | 30 |
| Abbildung 6: Wahrgenommene Kohärenz innerhalb der Säulen Fachwissenschaft (oben) sowie Fachdidaktik (unten) über die Phasen des universitären Ausbildungsabschnitts hinweg ( $N = 50$ ). ..... | 44 |
| Abbildung 7: Wahrgenommene horizontale Kohärenz zwischen den Säulen Fachwissenschaft und Fachdidaktik ( $N = 50$ ). .....  | 46 |
| Abbildung 8: Wahrgenommene Kohärenz zwischen Theorie und Praxis ( $N = 50$ ). ..   | 47 |
| Abbildung 9: Einschätzung der angehenden Lehrkräfte zu generalisierenden professionsbezogenen Aspekten der Kohärenz ( $N = 50$ ). .....  | 49 |
| Abbildung 10: Darstellung der universitären und schulischen Fachwissensstrukturen sowie des Professionsrelevanten Fachwissens als Bindeglied. ....   | 59 |
| Figure 1: Illustration of the stages in the iterative concept mapping approach .   | 67 |
| Abb. 1: Refined Consensus Model of PCK. ....   | 85 |
| Abb. 2: Darstellung des Modulkonzepts des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls. ....   | 87 |
| Abb. 3: Schematische Darstellung des iterativen Concept-Mappings in Modulphase 1. ....   | 88 |
| Abb. 4: Ergebnisse der Itemgruppe <i>vertikale Kohärenz</i> aus dem Modulevaluationsbogen ( $N = 66$ Datensätze sind inbegriffen). .....   | 92 |
| Abb. 5: Ergebnisse der Itemgruppe <i>horizontale Kohärenz</i> aus dem Modulevaluationsbogen ( $N = 66$ Datensätze sind inbegriffen). .....   | 93 |
| Abb. 6: Evaluationsergebnis des Modulkonzepts hinsichtlich seines Beitrages zur Kohärenzsteigerung ( $N = 66$ Datensätze sind inbegriffen). .....  | 93 |

**Tabellen**

- Table 1: Category system outlining the impacts of the distinct methods within, along with the overall effects of the iterative concept mapping approach regarding PRCK, as perceived by prospective chemistry teachers .... 69
- Tabelle 1: Kategoriensystem der Auswertung der offenen Frageitems der Gesamtmodulevaluation mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz) in Bezug auf positive Rückmeldungen (K1<sub>R</sub> (41/51)). ..... 100
- Tabelle 2: Kategoriensystem der Auswertung der offenen Frageitems der Gesamtmodulevaluation mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz) in Bezug auf geäußerte Kritik bzw. Verbesserungsvorschläge (K2<sub>R</sub> (35/51))..... 101

## Abkürzungsverzeichnis

| <b>Abkürzung</b> | <b>Bedeutung</b>                              |
|------------------|---|
| AC               | Anorganische Chemie                           |
| BFP              | Berufsfeldpraktikum                           |
| CM               | Concept Map                                   |
| cPCK             | collective Pedagogical Content Knowledge      |
| ELKE             | Experimentieren Lernen Kompetenzen Erwerben   |
| EOP              | Einführungs- und Orientierungspraktikum       |
| ePCK             | enacted Pedagogical Content Knowledge         |
| Gym/Ges          | Gymnasium/Gesamtschule                        |
| HRSGe            | Haupt-, Real-, Gesamtschule                   |
| K                | Kategorie                                     |
| MT               | Microteaching                                 |
| <i>N</i>         | Gesamtzahl                                    |
| <i>n</i>         | Stichprobenzahl                               |
| OC               | Organische Chemie                             |
| PC               | Physikalische Chemie                          |
| PCK              | Pedagogical Content Knowledge                 |
| pPCK             | personal Pedagogical Content Knowledge        |
| PRCK             | Profession-Relevant Content Knowledge         |
| PRFW             | Professionsrelevantes Fachwissen              |
| RCM              | Refined Consensus Model                       |
| RedOx            | Reduktion-Oxidation                           |
| RQ               | Research Question (engl.): Untersuchungsfrage |
| SB               | Säure-Base                                    |
| SoPäd            | Sonderpädagogische Förderung                  |
| SWS              | Semesterwochenstunden                         |
| TC               | Theoretische Chemie                           |

## Kurzzusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Konzeption sowie Evaluation eines Lehr-/Lern-Moduls für die universitäre Chemielehrkräftebildung, das zur Erhöhung der Kohärenz innerhalb der fachbezogenen Professionswissensdomänen – insbesondere der Domäne Fachwissen – beiträgt und so die angehenden Lehrkräfte in ihrem Professionalisierungsprozess unterstützt. Durch die forschungsmethodische Rahmung der Design-Based Research können dabei sowohl praxiswirksame als auch theoriebezogene Erkenntnisse gewonnen werden.

Im Sinne eines Framings werden zunächst konkrete, standortspezifische Handlungsbedarfe mittels einer Fragebogenstudie zur studentischen Kohärenzwahrnehmung erfasst. Dabei zeigen sich eine starke Fragmentierung des fachinhaltlichen Wissens in verschiedene Subdisziplinen, eine unzureichende Verknüpfung von Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen sowie eine geringe wahrgenommene Anschlussfähigkeit des universitär erworbenen Fachwissens an die schulische Lehrtätigkeit als zentrale Probleme. Aus diesen Erkenntnissen wurden vier konkrete Zielsetzungen für das Lehr-/Lern-Modul abgeleitet: (1) Die Förderung der horizontalen Vernetzung des universitär erworbenen Fachwissens über die Subdisziplinengrenzen hinaus, (2) die Transformation des Fachwissens im Hinblick auf die Schulwissensstrukturen, (3) den Transfer des transformierten Fachwissens in die Lehrpraxis sowie (4) die Förderung des Bewusstseins der angehenden Lehrkräfte über die Bedeutung derartiger Wissenstransformationen für ihren Professionalisierungsprozess und die Befähigung zur eigenständigen Fortführung des Transformationsprozesses (im Sinne eines Metawissenserwerbs).

Der Designprozess erfolgt bedarfs- und zielorientiert sowie theoriegeleitet, wobei insgesamt fünf Mesozyklen bis zum finalen Modulkonzept durchlaufen werden. Das Modulkonzept ist in zwei Phasen gegliedert: Modulphase 1 fokussiert die vernetzende Transformation des universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit. Dies wird methodisch durch die Kombination iterativen Concept Mappings mit steigendem Abstraktionsniveau mit Elementen des Peer- sowie Gruppenaustauschs sowie einer angeleiteten Metareflexion in Prozessportfolios umgesetzt. Modulphase 2 fokussiert den Transfer des transformierten Fachwissens in die Lehrpraxis durch die Planung, Durchführung und umfassende Evaluation von Microteachings in Form von Peerteachings sowie die angeleitete (Meta-)Reflexion des Prozesses in Prozessportfolios. Während Modulphase 1 im zeitlichen Rahmen des

Promotionsprojektes umfassend evaluiert und erfolgreich weiterentwickelt wird, können hinsichtlich Modulphase 2 lediglich erste redesignbezogene Ableitungen generiert werden.

Die Auswertung der Prozessportfolios zeigt, dass das konzipierte Lehr-/Lern-Modul die Zielsetzungen 1 und 2 bereits umfassend adressiert; Modulphase 1 kann somit als zielführend im Hinblick auf die vernetzende Transformation des universitär erworbenen Fachwissens angesehen werden, wobei die gewählten Methoden jeweils einen spezifischen Beitrag leisten. Darüber hinaus verdeutlicht die Gesamtmodulevaluation, dass das konzipierte Lehr-/Lern-Modul einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Kohärenz der universitären Chemielehrkräftebildung hat und insbesondere zur Überwindung der wahrgenommenen Diskontinuität innerhalb der Domäne Fachwissen beiträgt – das universitär erworbene Fachwissen also für die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähig macht.

Die zentrale theoriebezogene Ableitung der Arbeit stellt die Konzeptualisierung des Professionsrelevanten Fachwissens (PRFW) dar – als professionsorientiert transformiertes (und damit für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähiges) universitär erworbenes Fachwissen sowie als Metawissen über die Bedeutung und die spezifische Vorgehensweise zur Fachwissenstransformation.

Insgesamt liefert die vorliegende Arbeit somit Implikationen zur professionsorientierten, kohärenten Weiterentwicklung der universitären (Chemie-)Lehrkräftebildung.

## Abstract

The aim of this dissertation is the design and evaluation of a teaching and learning module for university-based chemistry teacher education that contributes to increasing coherence within the subject-related components of professional knowledge – particularly within content knowledge – and thus supports prospective teachers in their professional development. Framed within a Design-Based Research (DBR) approach, the project allows for the development of both practically effective and theoretically grounded outcomes.

To identify context-specific needs, a preliminary questionnaire study on prospective teachers' perceptions of coherence was conducted. The results revealed the following key challenges: strong fragmentation of content knowledge across subdisciplines, insufficient linkage between content knowledge and pedagogical content knowledge, and a perceived lack of applicability of university-acquired content knowledge to school teaching. Based on these findings, four specific objectives were derived for the module: (1) promotion of horizontal coherence across subdisciplines, (2) transformation of content knowledge in the sense of school-knowledge structures, (3) transfer of the transformed knowledge into teaching practice, and (4) fostering metacognitive awareness of the importance of such transformations, along with the ability to independently continue this process.

The module was developed across five meso-cycles. It consists of two phases: Phase 1 focuses on the interlinking transformation of university-acquired content knowledge in relation to school teaching. This is achieved through iterative concept mapping with increasing levels of abstraction, peer and group discussion, and guided metacognitive reflection via process portfolios. Phase 2 addresses the transfer of this transformed knowledge into teaching practice, supported by the planning, implementation, and evaluation of microteaching sessions, along with continued (meta-)reflection.

While Phase 1 was extensively evaluated and iteratively refined within the project, Phase 2 could only be addressed in terms of preliminary design-related implications.

Analysis of the process portfolios indicates that the module effectively addresses the first two objectives. Phase 1 can therefore be considered successful in fostering the interlinking transformation of content knowledge. Each of the selected methods contributes specific benefits to this process. Furthermore, the overall module evaluation suggests a positive impact on students' perceived coherence in chemistry teacher

education – particularly in overcoming the fragmentation of content knowledge – by making university content knowledge more applicable to school practice.

The key theoretical outcome of this work is the conceptualisation of Profession-Relevant Content Knowledge (PRCK): a form of university-level content knowledge transformed for school teaching, complemented by metacognitive knowledge regarding its importance and transformation strategies.

Overall, this dissertation offers concrete implications for the coherence-oriented and profession-focused advancement of university-based (chemistry) teacher education.

# 1 Einleitung

*„Hochwertigen Unterricht sowie Bildungs- und Erziehungsprozesse im schulischen Alltag zu gestalten, erfordert umfangreiche professionelle Kompetenzen von Lehrkräften (Charalambous & Praetorius, 2020; Schütze et al., 2018; Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz [SWK], 2022). Zentrale Grundlage dieser Kompetenzen bildet ein wissenschaftlich fundiertes professionelles Wissen, insbesondere in den Bereichen des Fachwissens, der Fachdidaktik und der Bildungswissenschaften. Dieses Wissen befähigt Lehrkräfte auch, sich aktuelle Entwicklungen und neue Erkenntnisse in Fachwissenschaft, Fachdidaktik und den Bildungswissenschaften im Laufe der Berufsphase zu erschließen (J. Bauer et al., 2023; J. Bauer & Prenzel, 2012). Es ist zentrale Aufgabe der Lehrkräftebildung, professionelle Kompetenzen kumulativ aufzubauen (Blömeke et al., 2022; Kultusministerkonferenz [KMK], 2019, 2022).“* (SWK, 2023, S. 60)

Das vorstehende Zitat aus dem Gutachten der SWK zur *Lehrkräftegewinnung und Lehrkräftebildung für einen hochwertigen Unterricht* zeigt die hohe Bedeutung, die dem professionellen Wissen einer Lehrkraft<sup>1</sup> (Lehrerprofessionswissen) für die Gestaltung „hochwertigen Unterrichts“ und damit die Ermöglichung des Lernerfolgs der Schüler:innen beigemessen wird. Eben dieses Lehrerprofessionswissen grundlegend auszubilden ist die Aufgabe der Lehrkräftebildung (Blömeke et al., 2022; KMK, 2019). Aus dem *Modell zum kumulativen Kompetenzaufbau* (Abbildung 1) wird deutlich, dass der universitären Lehrkräftebildung als erstem formalen Ausbildungsabschnitt in diesem Professionalisierungsprozess eine Schlüsselrolle zukommt. So ist es ihre Aufgabe, die wissenschaftlich fundierten Professionswissensgrundlagen in den Domänen Fachwissen, Fachdidaktisches Wissen und Pädagogisches Wissen kumulativ zu vermitteln und sukzessive für die praktische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähig zu machen (SWK, 2023). Zur Ermöglichung eines auch über die Domänengrenzen hinausgehenden und mit Blick auf die Zielperspektive (schulische Lehrtätigkeit) anknüpfungsfähigen, kumulativen Wissenserwerbs und damit einer umfassenden Professionalisierung ist eine kohärente, also in sich zusammenhängende Gestaltung der

---

<sup>1</sup> Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden bevorzugt genderneutrale Formulierungen (bspw. Lehrkräfte statt Lehrer:innen) verwendet, um einen besseren Lesefluss zu ermöglichen. An Stellen, an denen genderneutrale Formulierungen zu Missverständnissen führen können bzw. zu ungenau sind, wird gegendert (bspw. Schüler:innen, wenn explizit Lernende im Schulkontext gemeint sind). Etablierte Begrifflichkeiten, wie bspw. Lehrerprofessionsforschung, werden unverändert beibehalten.

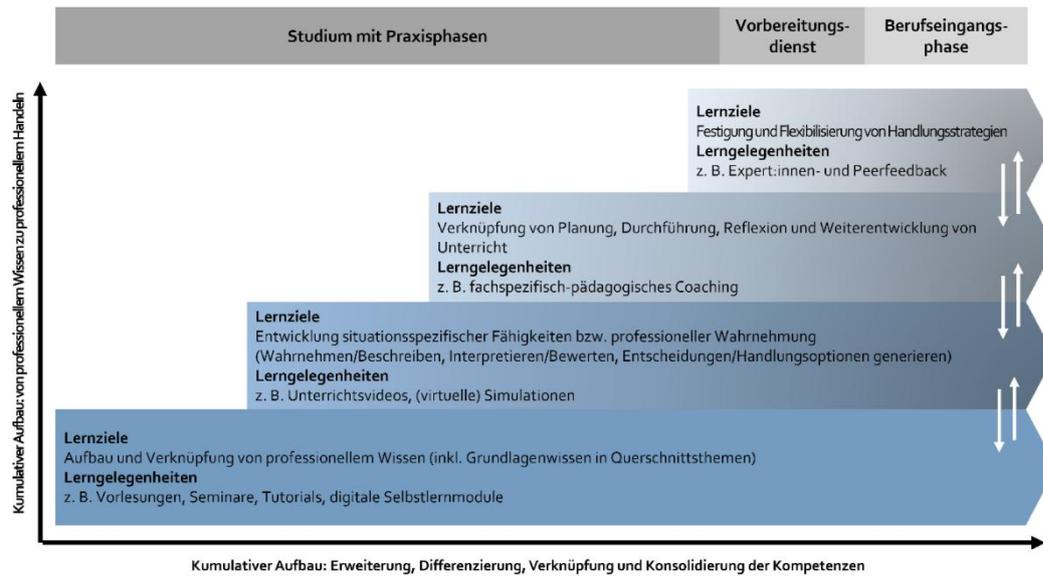


Abbildung 1: Modell zum kumulativen Kompetenzaufbau unterrichtsbezogener Kompetenzen  
Die Pfeile der blauen Balken verdeutlichen, dass die Kompetenzentwicklung einen kontinuierlichen Prozess darstellt, der sich auch in der Lehrtätigkeit weiter fortsetzt. Der dargestellte Farbverlauf verdeutlicht den zunehmenden Übergang vom professionellen Wissen zum professionellen Handeln. Die weißen Pfeile symbolisieren eine wechselseitige Beeinflussung der jeweils fokussierten Kompetenzen. (SWK, 2023, S. 84)

(universitären) Lehrkräftebildung erforderlich (Hellmann et al., 2019). Gerade in Bezug darauf zeigen sich in der Praxis jedoch Probleme. So beklagen angehende Lehrkräfte oftmals eine mangelnde Kohärenz (insbesondere der universitären Lehrkräftebildung), die sich in einem fragmentierten Wissenserwerb sowie einer starken Wissenschafts- und geringen Professionsorientierung des erlernten Wissens äußert und sie in ihrem Professionalisierungsprozess hemmt (vgl. Kapitel 2.4, S. 15 ff.). Hieraus ergibt sich ein akuter Handlungsbedarf: Soll die universitäre Lehrkräftebildung ihrer zentralen Aufgabe der Grundprofessionalisierung der angehenden Lehrkräfte für die schulische Lehrtätigkeit umfassend gerecht werden, ist es notwendig, die Kohärenz dieses Ausbildungsabschnitts zu steigern, um die angehenden Lehrkräfte so in ihrem Professionalisierungsprozess zu unterstützen (Hellmann et al., 2019).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird zu diesem Zweck ein Lehr-/Lern-Modul konzipiert und evaluiert, das zur Schaffung einer umfassenden (sowohl horizontalen als auch vertikalen) Kohärenz innerhalb der fachbezogenen Professionswissensdomänen – insbesondere der Domäne Fachwissen – beitragen und die angehenden Lehrkräfte so in ihrem Professionalisierungsprozess bestmöglich unterstützen soll.

Die Modulkonzeption erfolgt im Rahmen eines Design-Based-Research-Projektes, dessen Struktur auch als Rahmung für die vorliegende Arbeit dient. In Kapitel 2 werden im Sinne eines Framings zunächst der vorherrschende Kenntnisstand zur Lehrkräfteprofessionalisierung (Kapitel 2.1) sowie zur Bedeutung einer kohärent

gestalteten universitären Lehrkräftebildung in diesem Prozess (Kapitel 2.2 – 2.5) dargestellt. Anschließend werden drei konkrete Ansätze zur Kohärenzsteigerung der universitären Chemielehrkräftebildung vorgestellt (Kapitel 2.6) und im *Freiburger Säulen-Phasen-Modell der Kohärenz in der Lehrerbildung* (Hellmann, 2019) verortet. Durch die Inbezugsetzung der etablierten Ansätze zu vorherrschenden kohärenzbezogenen Herausforderungen der universitären Lehrkräftebildung werden schließlich ein konkreter Handlungsbedarf sowie eine Forschungslücke aufgezeigt, die im Rahmen dieser Arbeit adressiert werden (Kapitel 3.1). Aus den Bedarfen werden in Kapitel 3 sowohl eine praxisbezogene Zielsetzung als auch eine theoriebezogene Forschungsfrage abgeleitet (Kapitel 3.2), der Design-Based-Research-Ansatz wird als forschungsmethodische Rahmung der Arbeit vorgestellt (Kapitel 3.3) und die verwendeten Erhebungs- und Auswertungsmethoden werden skizziert (Kapitel 3.4). In Kapitel 4 wird die Modulkonzeption und -evaluation anhand der Schritte der Design-Based Research dargestellt. Zunächst wird das in Kapitel 2 begonnene Framing fortgeführt und konkretisiert (Kapitel 4.1), indem das zu konzipierende Modul begründet in der Studienstruktur der Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln verortet (Kapitel 4.1.1) und die konkrete Ausgangslage basierend auf einer Kohärenzeinschätzung des Studiengangs durch angehende Chemielehrkräfte erfasst (Kapitel 4.1.2) wird. Davon ausgehend werden konkrete, designbezogene Zielsetzungen formuliert (Kapitel 4.1.3). Anschließend wird der (Re-)Designprozess differenziert nach zwei Modulphasen sukzessive dargestellt (Kapitel 4.2 – 4.6). Auf die Vorstellung der literaturbasierten Grundkonzeptionen (Kapitel 4.2.1 und 4.5) folgen empirische Analysen (Kapitel 4.2.2 und 4.6) aus denen sowohl theoriebezogene Erkenntnisse (Kapitel 4.3) als auch Re-Design-Entscheidungen (Kapitel 4.4 und 4.6) begründet abgeleitet werden. Das finale Modulkonzept wird in Kapitel 5 vorgestellt und abschließend auf Basis eines kohärenzbezogenen Evaluationsbogens evaluiert. In Kapitel 6 werden die Designprozesse und praxis- sowie theoriebezogenen Erkenntnisse resümiert (Kapitel 6.1), bevor die Forschungsfrage abschließend beantwortet und ein Fazit hinsichtlich des Erreichens der zu Grunde gelegten Zielsetzung gezogen (Kapitel 6.3) wird. Zuletzt werden Limitationen des Projektes diskutiert (Kapitel 6.2) sowie Implikationen für die universitäre (Chemie-)Lehrkräftebildung abgeleitet (Kapitel 6.3).

## 2 Theoretischer Hintergrund

Im Rahmen von Kapitel 2 wird zunächst ein Einblick in verschiedene Modellierungen des Lehrerprofessionswissens gegeben (Kapitel 2.1). Anschließend wird die Bedeutung einer kohärent gestalteten universitären Lehrkräftebildung für den Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte herausgearbeitet (Kapitel 2.2 und 2.3) und mit Problemen der aktuellen Bildungspraxis (Diskontinuität und Fragmentierung) kontrastiert (Kapitel 2.4 und 2.5). Zuletzt werden drei Ansätze zur Kohärenzsteigerung aus dem Bereich der Chemielehrkräftebildung vorgestellt, die die fachbezogenen Professionswissensdomänen (insbesondere die Domäne Fachwissen) adressieren (Kapitel 2.6).

### 2.1 Modellierung des Lehrerprofessionswissens

Das Lehrerprofessionswissen gilt als die notwendige kognitive Basiskompetenz einer Lehrkraft für die lernwirksame Gestaltung fachlich gehaltvollen Unterrichts (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Dubberke et al., 2006). Nach Auffassung der Lehrerprofessionsforschung stellt das Professionswissen einer Lehrkraft demnach einen wesentlichen Prädiktor für den Lernerfolg der Schüler:innen dar (Kunter et al., 2011), wobei dieser Zusammenhang zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit stärker auf theoretischen Annahmen als auf empirischen Ergebnissen beruht (Enkrott, 2021). Im Zuge der (Weiter-)Entwicklung der Lehrerprofessionsforschung, wurden verschiedene Konzeptualisierungen des Lehrerprofessionswissens vorgenommen und stetig weiter ausdifferenziert, wodurch eine Vielzahl unterschiedlicher Konzepte existiert. Nachfolgend werden ausgewählte, für die vorliegende Arbeit bedeutsame Konzepte vorgestellt.

#### 2.1.1 Grundlegende Konzeptualisierung des Lehrerprofessionswissens

Der Ursprung der Konzeptualisierung des Lehrerprofessionswissens kann in den Arbeiten von Shulman (1986, 1987) und Bromme (1992, 1994) gesehen werden, die erstmals systematisch die Lehrkraft als Expertin des unterrichtlichen Handelns (Bromme, 2014) und damit ihre individuellen professionsbezogenen Kompetenzen in das Zentrum forschungstheoretischer Überlegungen rückten (Enkrott, 2021). Um der zentralen Aufgabe des lernwirksamen Unterrichts gerecht werden zu können, benötigen Lehrkräfte – den Annahmen der Lehrerprofessionsforschung folgend – zahlreiche (unterrichtsbezogene) Kompetenzen (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Voss et al.,

2006). Im *Modell professioneller Handlungskompetenz* (Baumert & Kunter, 2006), welches insbesondere im deutschsprachigen Raum als etabliert angesehen werden kann (Enkrott, 2021), stellt das *Lehrerprofessionswissen* die kognitive Facette dieser Kompetenzen dar. Es spiegelt damit – im Gegensatz zu den normativen bzw. affektiven Facetten *Motivationale Orientierungen*, *Überzeugungen/Wertehaltungen* und *Selbst-regulative Fähigkeiten* – die professionsbezogene Wissensbasis der Lehrkräfte und damit die kognitive Grundlage zur lernwirksamen Gestaltung von Unterricht wider (Baumert & Kunter, 2006; Kunter, Klusmann et al., 2013).

Grundlegend werden dem Lehrerprofessionswissen drei zentrale, voneinander abgrenzbare Wissensdomänen zugeordnet (*Fachwissen*, *Fachdidaktisches Wissen* und *Pädagogisches Wissen*<sup>2</sup>), die sich jedoch gegenseitig beeinflussen (Krauss et al., 2008). Durch die Akkumulation von Wissen innerhalb der drei Domänen, die Vernetzung des Wissens über die Domänengrenzen hinaus und die Verknüpfung des Wissens mit praktischen Erfahrungen professionalisieren sich (angehende) Lehrkräfte in ihrem bzw. für ihren Beruf (Baumert & Kunter, 2006). Das Lehrerprofessionswissen stellt somit ein erlernbares und damit innerhalb der strukturierten Lehrkräftebildung ausbild- bzw. förderbares Wissen dar. Nachfolgend werden die drei grundlegenden Wissensdomänen ausführlicher vorgestellt.

#### Fachwissen:

Das Fachwissen stellt als „das disziplinäre Wissen über den Fachinhalt“ (Bromme, 2014, S. 96) die fachbezogene Wissensbasis des Professionswissens dar (Baumert & Kunter, 2006; Shulman, 1987). Es bildet die Inhalte des Schulcurriculums vollständig ab, geht hinsichtlich der Wissenstiefe jedoch über das Schulwissen hinaus (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Dubberke et al., 2006). Gleichzeitig ist das Fachwissen von Lehrkräften jedoch nicht mit dem fachinhaltlichen Wissensstand der Mutterdisziplin gleichzusetzen. Im Gegensatz zum Fachwissen von Fachexpert:innen steht das Fachwissen von Lehrkräften stets in Bezug zur Vermittlungsperspektive und damit zur unterrichtlichen Handlungsdimension (Bromme, 2014). Nach Shulmans ursprünglicher Definition des *Content Knowledge for Teaching* (Shulman, 1986) reicht es nicht

<sup>2</sup> An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass die deutschen Bezeichnungen oftmals synonym zu den international gebräuchlichen Domänen *Content Knowledge*, *Pedagogical Content Knowledge* und *Pedagogical Knowledge* verwendet werden. Diese sind jedoch auf Grund teils abweichender Konzeptualisierungen – insbesondere der Domäne Fachdidaktisches Wissen bzw. Pedagogical Content Knowledge (vgl. Mutke, 2017, S. 21 ff.) – nicht vollständig deckungsgleich. Um die interne Konsistenz dieser Arbeit aufrecht zu halten, werden die Domänen stets mit den deutschen Begriffen bezeichnet, auch, wenn teils internationale Konzepte miteinbezogen werden.

aus, nur die Fakten und Konzepte des Fachinhaltes zu kennen, es ist auch erforderlich, die Begründungszusammenhänge sowie die inhärente (Wissens-)Struktur des Fachinhaltes (im Sinne eines Metawissens) verstanden zu haben: „The teacher need not only understand *that* something is so; the teacher must further understand *why* it is so, [...]“ (Shulman, 1986, S. 9).

Hinsichtlich des notwendigen Umfangs des Fachwissens von Lehrkräften herrscht bisher keine (empirisch begründete) Einigkeit (Krauss et al., 2008). Basierend auf Grundannahmen des COACTIV-Projektes (Baumert & Kunter, 2011a) sowie unter Einbezug der Konzeptualisierungen von Riese (2009) wird die Domäne Fachwissen in vier, hinsichtlich des Durchdringungsgrades der Fachinhalte differenzierbare Niveaustufen (Wissensbereiche) unterteilt:

1. *Alltagswissen*: Wissen eines Fachbereichs, über das grundsätzlich alle Erwachsenen dauerhaft verfügen sollten (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Voss et al., 2006)
2. *Schulwissen*: Wissen, welches zum Ende der Schullaufbahn in einem Schulfach erworben worden sein sollte (Baumert & Kunter, 2011a). Die Inhalte des Schulwissens lassen sich unmittelbar aus den curricularen Vorgaben des Faches ableiten (Krauss et al., 2008).
3. *Vertieftes Schulwissen*: Tiefer durchdrungenes und vernetztes Schulwissen, das ggf. um weiterführendes Hintergrundwissen ergänzt ist (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Voss et al., 2006; Riese, 2009).
4. *Universitäres Wissen*: Akademisches Fachwissen der jeweiligen Mutterdisziplin (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Voss et al., 2006). Im Gegensatz zum vertieften Schulwissen, kann diese Niveaustufe auch von sehr leistungsstarken Schüler:innen nicht erreicht werden (Woitkowski et al., 2011). Das universitäre Wissen spiegelt die universitären Lehrinhalte wider und kann somit anhand von universitären Lehrbüchern bestimmt werden (Lorentzen, 2020).

Es wird deutlich, dass lediglich zwei Wissensbereiche eindeutig bestimmt sind: Das zu lehrende *Schulwissen* (durch die curricularen Vorgaben des Schulfaches) und das im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung erlernte *universitäre Wissen* (durch die Fachinhalte der universitären Lehrveranstaltungen). Wie genau das Fachwissen von Lehrkräften aussehen muss, um den Schüler:innen das Schulwissen lernwirksam vermitteln zu können, ist nicht eindeutig vorgegeben. Während Shulman (1986) in seiner grundlegenden Konzeptualisierung des Lehrerprofessionswissens den Umfang des

Fachwissens von Lehrkräften noch mit dem von Fachwissenschaftler:innen gleichsetzt – universitäres Wissen – („We expect that the subject matter understanding of the teacher be at least equal to that of his or her lay colleague, the mere subject matter major.“ (Shulman, 1986, S. 9)), sehen die Autor:innen des COACTIV-Projektes eher ein vertieftes Schulwissen als notwendige Fachwissensbasis an: „Fachwissen als vertieftes Hintergrundwissen über Inhalte des [...] Schulcurriculums [...]. Lehrkräfte sollen den von ihnen unterrichteten Stoff auf einer Ebene durchdringen, die über dem im Unterricht üblichen Bildungsniveau liegt.“ (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Dubberke et al., 2006, S. 524).<sup>3</sup>

#### Fachdidaktisches Wissen:

Das Fachdidaktische Wissen kann als *Wissen über das Verfügbarmachen von Fachinhalten* angesehen werden und stellt somit die spezifisch lehrbezogene Wissensdimension des Professionswissens dar (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Dubberke et al., 2006): „Das Wissen über die didaktische Aufbereitung des Fachinhalts“ (Bromme, 2014, S. 96). Genau wie das Fachwissen selbst ist auch das fachdidaktische Wissen fachinhaltspezifisch (Shulman, 1986). Aus diesem Grund werden beide Wissensdomänen zum *fachbezogenen Professionswissen* zusammengefasst (Mutke, 2017; Riese & Reinhold, 2012).

Insbesondere auf Grund seiner Fachspezifität ist das Fachdidaktische Wissen nicht einheitlich definiert. Je nach Forschungsdisziplin bzw. Autor:in divergieren die Konzeptualisierungen teils stark, wobei zwischen generischen Konzepten und fachspezifischen Konzeptualisierungen unterschieden werden kann (Lorentzen, 2020; Mutke, 2017). Mutke (2017) arbeitet zwei spezifische Facetten des Fachdidaktischen Wissens heraus, die sich in den meisten Konzeptualisierungen wiederfinden und damit als Kernfacetten des Fachdidaktischen Wissens angesehen werden können: Auf Seiten der Lernendenperspektive die *Schülerkognition* (bspw. das Wissen um Präkonzepte sowie um fachspezifische Besonderheiten des Lernprozesses) sowie auf Seiten der Lehrperspektive die *Repräsentations- und Vermittlungsstrategien* (bspw. Analogien oder Modelle) (Bromme, 2014; Riese & Reinhold, 2012; Shulman, 1986).

---

<sup>3</sup> Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird konkret für den Fachbereich Chemie der Versuch unternommen, eine in Bezug auf die Professionalisierung angehender Lehrkräfte wirksame, also vor allem hinsichtlich der schulpraktischen Lehrtätigkeit anknüpfungsfähige Form des chemischen Fachwissens literaturbasiert sowie empirisch begründet zu definieren. In diesem Zusammenhang wird auch die Frage nach der erforderlichen inhaltlichen Durchdringungstiefe des Fachwissens behandelt. Dabei wird kritisch erörtert, inwieweit eine eigene lehrbezogene Niveaustufe – im Sinne eines vertieften schulischen Fachwissens – für das Fach Chemie erforderlich und fachlich begründbar ist.

### Pädagogisches Wissen:

Das Pädagogische Wissen stellt die dritte zentrale Domäne des Lehrerverfessionswissens dar. In ihm werden die lehrspezifischen, jedoch nicht zwingend fachbezogenen Aspekte des Lehrerverfessionswissens zusammengefasst, die grundsätzlich zur Ermöglichung unterrichtlichen Lernens notwendig sind (Bromme, 2014; Voss & Kunter, 2011). Hierzu zählen unter anderem das Wissen um Lehrmethoden, Instruktionsstrategien, Classroom Management, Diagnose und Leistungsbeurteilung (Voss & Kunter, 2011). Das Pädagogische Wissen ist jedoch keineswegs von den fachbezogenen Professionswissensdomänen isoliert, vielmehr wirkt es mit in diese ein, so gibt es insbesondere einen starken Bezug zum Fachdidaktischen Wissen. Beispielsweise umfasst das Classroom Management im Chemieunterricht sowohl generische Aspekte, die in gleichem Maße auch in anderen Unterrichtsfächern von Bedeutung sind (bspw. Schaffung eines positiven Lernklimas) und somit dem Pädagogischen Wissen zugeordnet werden, als auch chemiespezifische Aspekte (bspw. Einführen von Experimentierprotokollen), die eher der Domäne Fachdidaktisches Wissen zuzuordnen sind (Pawlak, 2022).

Nach Auffassung der Lehrerverfessionforschung erwerben (angehende) Lehrkräfte im Laufe ihres fortwährenden Professionalisierungsprozesses Wissen in allen drei Domänen, vernetzen dieses unter Einbezug praktischer Erfahrungen und bauen so ein solides, das heißt umfassend strukturiertes, vernetztes und vor allem im Lehrkontext anwendbares, Lehrerverfessionswissen auf, welches als Grundlage für lernwirksames Unterrichten angesehen werden kann (Kunter et al., 2011).

Eine genaue Darstellung dieses Professionalisierungsprozesses lässt sich aus dem *Refined Consensus Model of PCK (RCM)* (Carlson et al., 2019) ableiten, welches nachfolgend vorgestellt wird.

### 2.1.2 Das Refined Consensus Model of PCK

Ursprünglich mit dem Ziel entwickelt, die divergenten Konzeptualisierungen des fachbezogenen Professionswissens (insbesondere des fachdidaktischen Wissens) zusammenzuführen und damit eine einheitliche Rahmung für Forschungsbemühungen im Bereich der Lehrerverfessionforschung zu schaffen (Carlson et al., 2019), stellt das *Refined Consensus Model of PCK (RCM)* (Abbildung 2) die wohl facettenreichste Modellierung des Lehrerverfessionswissens dar (Enkrott, 2021). Im Gegensatz zu

vorausgegangen Modellen (bspw. dem „Modell der professionellen Handlungskompetenz“ nach Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, Blum, Voss et al. (2006)), bildet das RCM das Lehrerprofessionswissen nicht als statisches Produkt ab, sondern hebt insbesondere die Situations- und Kontextspezifität des Wissens sowie den dynamischen Professionalisierungsprozess mit dessen vielfältigen Einflussfaktoren hervor (Carlson et al., 2019).

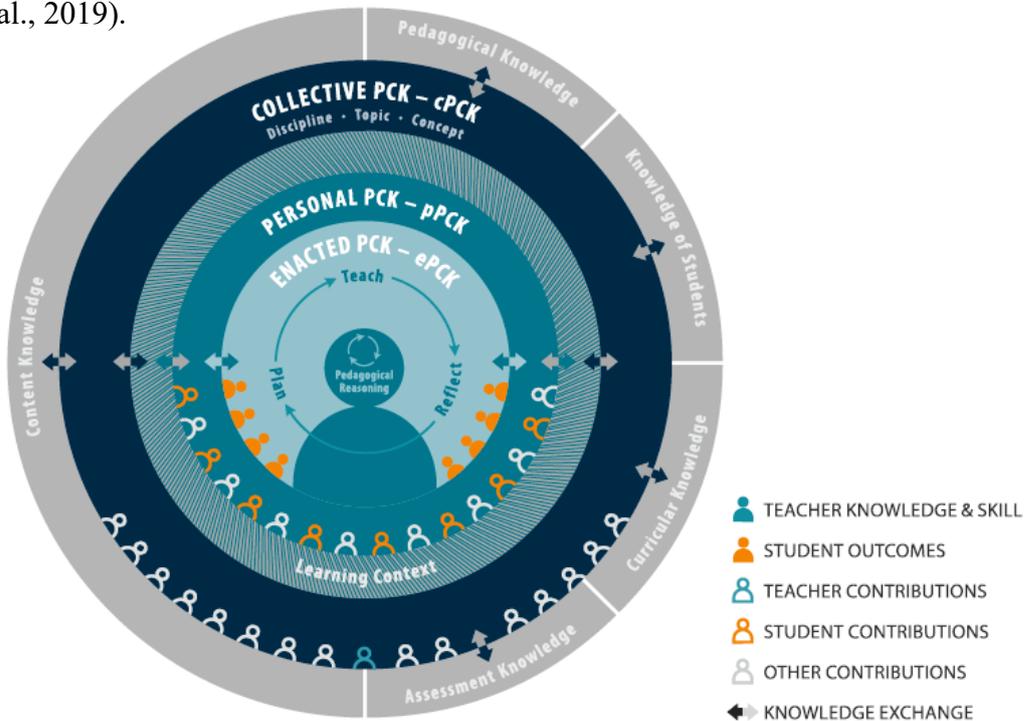


Abbildung 2: Refined Consensus Model of PCK – RCM (Carlson et al., 2019).

Im Zentrum des Modells steht die Lehrkraft, die mit ihrem individuellen, persönlichen Lehrerprofessionswissen den unterrichtlichen Lehr- bzw. Lernprozess der Schüler:innen gestaltet. Abweichend zu den grundsätzlichen Konzeptualisierungen des Lehrerprofessionswissens (vgl. Kapitel 2.1.1, S. 4 ff.) wird dieses im RCM nicht als Lehrerprofessionswissen bezeichnet, sondern mit dem *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) gleichgesetzt, welches bereits Shulman (1986) in seinen grundsätzlichen Konzeptualisierungen als die zentrale, lehrbezogene bzw. -spezifische Wissensfacette hervorhebt. Die vormalig als disjunkt (auch zum Fachdidaktischen Wissen) angesehenen Domänen *Fachwissen* („Content Knowledge“ in Abbildung 2) und *Pädagogisches Wissen* („Pedagogical Knowledge“ in Abbildung 2) (Baumert & Kunter, 2011a) gehen im RCM im PCK auf, was die hohe Bedeutung dieser lehrspezifischen Wissensdomäne im Lehrerprofessionswissen widerspiegelt. An dieser Stelle sei betont, dass die Konzeptualisierung des PCK im RCM nicht mit der Wissensdomäne *Fachdidaktisches Wissen* – wie zuvor vorgestellt – gleichzusetzen ist, da im PCK nicht nur Aspekte der

Verfügbarmachung der Fachinhalte, sondern alle lehrbezogenen Wissensfacetten (also das gesamte Lehrerprofessionswissen) einbezogen werden (Enkrott, 2021).

Von außen nach innen gelesen, lässt sich anhand des RCM der Professionalisierungsprozess einer Lehrkraft nachzeichnen: Die Grundlage für die Professionalisierung bilden die professionellen Wissensbasen (äußerer Ring in Abbildung 2). Aus ihnen speist sich die Gesamtheit des professionsbezogenen Wissens (collective PCK – cPCK). Sie spiegeln die Professionswissensdomänen Fachwissen (*Content Knowledge*) und Pädagogisches Wissen (*Pedagogical Knowledge*) wider, welche zusätzlich noch um die Basen *Knowledge of Students*, *Curricular Knowledge* und *Assessment Knowledge* ergänzt sind, die auch Shulman (1987) in die Erweiterung seiner Konzeptualisierung des Lehrerprofessionswissens einbezieht. Es ist wichtig herauszustellen, dass die Wissensbasen das umfassende Wissen der zu Grunde liegenden (Forschungs-)Disziplinen repräsentieren und somit über die Aspekte des reinen Lehrerprofessionswissens hinausgehen. Nur professionsrelevante Aspekte der Wissensbasen fließen in das Lehrerprofessionswissen (cPCK) ein. Das cPCK ist disziplinen-, themen- und konzeptspezifisch, unterscheidet sich also je Fachbereich bzw. auch je Thema innerhalb eines Fachbereichs. Das cPCK speist sich jedoch nicht nur aus den Wissensbasen; als Gesamtheit des lehrbezogenen Wissens aller Akteur:innen innerhalb einer Disziplin bezieht es auch Aspekte des Erfahrungswissens aus der aktiven, reflektierten Lehrtätigkeit mit ein. Diese bidirektionale Wechselwirkung wird jeweils durch die Doppelpfeile in den Übergängen zwischen den PCK-Ringen des RCM symbolisiert (Abbildung 2).

Insbesondere im Zuge der Lehrkräftebildung, aber auch in Fort- und Weiterbildungen oder im persönlichen Austausch mit Kolleg:innen, übernehmen (angehende) Lehrkräfte Aspekte des cPCK und bauen daraus eine individuelle, persönliche Wissensbasis (personal PCK – pPCK) auf. Das pPCK repräsentiert somit die Gesamtheit des lehrbezogenen Wissens einer spezifischen Lehrkraft zu einem bestimmten Zeitpunkt. Der Zeitaspekt ist in diesem Zusammenhang von hoher Relevanz, da das pPCK nicht starr ist, sondern sich weiterentwickelt bzw. verändert. Diese Veränderung kann aus reflektierten, persönlichen Erfahrungen, aber auch aus einem der zuvor genannten äußeren Einflussfaktoren heraus resultieren. In der aktiven Lehrtätigkeit (plan, teach, reflect) kann eine Lehrkraft aus der Gesamtheit ihres pPCK schöpfen, wobei diese Wissensbasis je nach Lehrkontext in ihrer Tiefe bzw. Dichte variiert. Das in der spezifischen Lehrsituation angewandte PCK wird im RCM als enacted PCK – ePCK bezeichnet. Es ist urspezifisch für jede Lehrkraft und jede Lehrsituation. Je breiter jedoch die

pPCK-Wissensbasis ist, umso facettenreicher kann auch das ePCK sein, was der Lehrkraft unterrichtliche Flexibilität ermöglicht und damit insbesondere ein individuelleres Eingehen auf die spezifischen Voraussetzungen der einzelnen Schüler:innen. Somit beeinflussen das ePCK und damit auch das pPCK der Lehrkraft maßgeblich den Lernerfolg der Schüler:innen – eine Annahme, die auch bereits Shulman (1986, 1987) und Bromme (1992, 1994) bei der grundlegenden Konzeptualisierung des Lehrerprofessionswissens zu Grunde legen. (Carlson et al., 2019).

Mit der aktiven Lehrtätigkeit ist im RCM nicht nur die bloße Unterrichtsdurchführung gemeint, sondern der gesamte, lehrbezogene Prozess aus Planung, Durchführung und Reflexion des Unterrichts (plan, teach, reflect) wird einbezogen. Insbesondere die Reflexion der (Lehr-)Erfahrungen ist dabei von zentraler Bedeutung, da sie es der Lehrkraft ermöglicht, aus ihrer Lehrerfahrung heraus neue Erkenntnisse zu generieren, und dieses Wissen zu nutzen, um das pPCK weiter auszudifferenzieren. Dies kann wiederum zum gesamten cPCK beitragen (Carlson et al., 2019).

Mit Blick auf die Grundgenese des pPCK ist jedoch insbesondere der Beitrag der formalen Lehrkräftebildung – und dabei insbesondere der universitären Lehrkräftebildung – als bedeutsam anzusehen, da in deren Kontext die grundlegende Vermittlung des lehrbezogenen Wissens (cPCK) erfolgt und diese somit den Grundstein für den gesamten Professionalisierungsprozess der (angehenden) Lehrkräfte legt.

Diese Bedeutung wird im nachfolgenden Kapitel zunächst herausgearbeitet, bevor anschließend daraus resultierende Anforderungen an die universitäre Lehrkräftebildung abgeleitet werden.

## **2.2 Bedeutung der universitären Lehrkräftebildung im Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte**

Die hohe Bedeutung der Lehrkräftebildung für den Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte lässt sich nicht nur aus dem RCM (Carlson et al., 2019) ableiten, sie zeigt sich auch in den Ergebnissen empirischer Untersuchungen.

Zwar ist der Professionalisierungsprozess ein lebenslanger Prozess (Kunter, Kleickmann et al., 2013), die universitäre Lehrkräftebildung legt in diesem Prozess jedoch den Grundstein, indem sie im Rahmen formaler Lerngelegenheiten das Basiswissen (deklarativ, konzeptuell, prozedural) des Lehrerprofessionswissens herausbildet (Kunter, Kleickmann et al., 2013; Mutke, 2017). Diese zentrale Rolle betont bereits Bromme (1992) in seiner Konzeptualisierung des Lehrerprofessionswissens. Auch

Baumert und Kunter (2013) heben die hohe Bedeutung des professionsbezogenen Basiswissens, wie es im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung erworben wird, als Grundlage für die Expertise einer Lehrkraft hervor. Ebenso betonen Blömeke et al. (2012) die Notwendigkeit formaler Lerngelegenheiten als notwendige Voraussetzung für die Entwicklung professioneller Kompetenzen von Lehrkräften.

Empirische Untersuchungen untermauern die Bedeutung der universitären Lehrkräftebildung weiter substantiell. So zeigen sowohl die Untersuchungen im Rahmen des ProWiN- (Kirschner et al., 2017) als auch im Rahmen des COACTIV-Projektes (Kunter et al., 2011), dass eine längere Berufserfahrung von Lehrkräften keinen positiven Einfluss mehr auf das Fachwissen (und fachdidaktische Wissen) dieser hat, was die Bedeutung der formalen Lehrkräftebildung zur Schaffung einer soliden Professionswissensbasis hervorhebt. Mutke (2017) zeichnet aufbauend auf Daten von Dollny (2011) sowie eigenen Daten die Entwicklung des fachbezogenen Professionswissens (angehender) Chemielehrkräfte vom vierten Semester des Studiums bis zur berufserfahrenen Lehrkraft nach. Für die Domäne Fachwissen kann er eine signifikante Zunahme des professionsbezogenen Wissens in den schulrelevanten Themenbereichen *Atombau und Periodensystem*, *chemische Bindungen* und *Säuren & Basen* über alle Abschnitte hinweg zeigen. Die mittlere absolute Testleistung (maximal mögliche Punktzahl: 29) liegt dabei nach Abschluss der universitären Lehrkräftebildung bei 16.63 ( $n = 71$ ), steigt im Laufe des Referendariats auf 18.68 ( $n = 132$ ) und mit aktiver Lehrtätigkeit weiter auf 22.02 ( $n = 169$ ) (Mutke, 2017, S. 138). Auf Grund des Fehlens einer Nullreferenz der Testleistung vor Studienbeginn, wird eine Extrapolation des Einflusses des Studiums auf die Testleistungen zwar verhindert, jedoch ist diese nach Abschluss der universitären Lehrkräftebildung mit 16.63 in Relation zum Maximalwert von 22.02 bereits als hoch anzusehen. Es ist somit anzunehmen, dass die universitäre Lehrkräftebildung zur Ausbildung einer soliden Fachwissensbasis führt, welche mit zunehmender Lehrerfahrung hinsichtlich der schulrelevanten Fachwissensinhalte weiter ausgebaut wird. Als mögliche Begründung für die Zunahme der Testleistungen in Relation zur aktiven Lehrtätigkeit ist der im RCM dargestellte Prozess der Professionalisierung auf Basis von Praxisreflexionen (Carlson et al., 2019) anzuführen. So wird mit dem eingesetzten Fachwissenstest (Dollny, 2011; Mutke, 2017) schulrelevantes Fachwissen geprüft (vgl. Kapitel 2.1.1, S. 5 ff.). Im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung wird dieses jedoch nicht explizit vermittelt, was eine Wissenstransformation erfordert, die hauptsächlich mit der Unterrichtsvorbereitung und -durchführung

einhergeht und somit mit zunehmender Lehrerfahrung fortschreitet (Enkrott, 2021). Für den Fachbereich Physik konnte im Rahmen des FALKO-P-Projektes (Schödl, 2017) eine Korrelation sowohl des Fachwissens als auch des Fachdidaktischen Wissens angehender Lehrkräfte mit dem Fachsemester im Studium gezeigt werden, die von den Autor:innen als Indikator für die Wirksamkeit der universitären Lehrkräftebildung interpretiert wird (Krauss et al., 2017).

Insgesamt deuten die Befunde darauf hin, dass das fachbezogene Professionswissen einer Lehrkraft insbesondere im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung in seinen Grundzügen ausgebildet wird (Schiering et al., 2021). Dies wirft unweigerlich die Frage auf, wie dieser erste Ausbildungsabschnitt gestaltet sein sollte, um das fachbezogene Lehrerprofessionswissen so grundzulegen, dass es im Schulkontext anwendbar wird. Eine strukturelle Antwort auf diese Frage kann anhand des Konzepts der kohärenten Lehrkräftebildung gegeben werden.

### 2.3 Kohärenz in der Lehrkräftebildung

Im Kontext der Lehrkräftebildung wird unter dem Begriff der Kohärenz „[...] eine Abstimmung, Verknüpfung und Passung von Lehr-Lern-Strukturen, -Gelegenheiten und -Inhalten verstanden.“ (Hellmann, 2019, S. 15). Nach Auffassung der Akteure dieses Forschungsfeldes ist eine kohärente Gestaltung der Lehrkräftebildung notwendig, um die (angehenden) Lehrkräfte in der Vernetzung ihrer erlernten Wissensinhalte mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit zu unterstützen und so eine vernetzte Wissensbasis (Lehrerprofessionswissen) zu schaffen, die ihnen effektives unterrichtliches Handeln ermöglicht (Canrinus et al., 2019; Hammerness, 2006; Hellmann et al., 2019; Smeby & Heggen, 2014). In Bezug auf das RCM (Carlson et al., 2019) legt eine kohärente Gestaltung der Lehrkräftebildung somit den Grundstein zur Ausbildung ebener umfassender pPCK-Wissensbasis, auf der die Lehrkräfte in der aktiven Unterrichtsgestaltung aufbauen können.

Hellmann (2019) führt im *Freiburger Säulen-Phasen-Modell der Kohärenz in der Lehrerbildung* (Abbildung 3) unterschiedliche Aspekte der Kohärenzforschung in einem Modell zusammen, um so einen Rahmen für die systematische Beschreibung und Verortung kohärenzfördernder Maßnahmen zu generieren.

Grundsätzlich unterscheidet das Modell in vertikaler Richtung die vier zentralen Phasen der Lehrkräftebildung: Die universitäre Lehrkräftebildung als ersten formalen Ausbildungsabschnitt, welcher in die Abschnitte *Bachelor-* und *Masterstudium*

unterteilt ist, daran anschließend als praktischen, zweiten formalen Ausbildungsabschnitt das *Referendariat* sowie zuletzt weitere berufsbegleitende formale (*Fort- und Weiterbildungen*) sowie informelle Weiterbildungsmomente (*Berufserfahrung*). Die letzte Phase verdeutlicht dabei, dass der Professionalisierungsprozess einer Lehrkraft einen fortwährenden Prozess darstellt, in dem die strukturierte Lehrkräftebildung in beiden Ausbildungsabschnitten den Grundstein legt (Baumert & Kunter, 2006). Auf horizontaler Ebene werden zunächst die drei ursprünglichen *Professionswissensdomänen* dargestellt, die im deutschen System der Lehrkräftebildung auch die drei zentralen Ausbildungsbereiche widerspiegeln (KMK, 2019). Ergänzt werden diese Säulen durch Aspekte der *praktischen Erprobung*, dargestellt als vierte Säule, sowie *Unterstützungsstrukturen*, die den Professionalisierungsprozess kontinuierlich begleiten. (Hellmann, 2019).

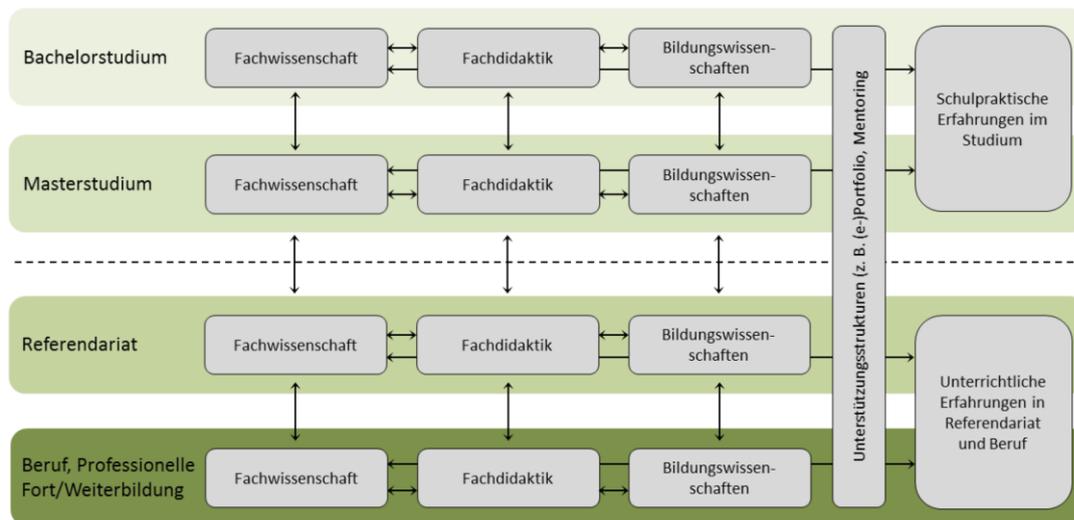


Abbildung 3: Freiburger Säulen-Phasen-Modell der Kohärenz in der Lehrerbildung (Hellmann, 2019).

Soll die Lehrkräftebildung zu einer umfassenden Professionalisierung der (angehenden) Lehrkräfte beitragen, ist es notwendig, dass diese sowohl horizontal (über die verschiedenen Säulen hinweg) als auch vertikal (über die verschiedenen Phasen hinweg) kohärent gestaltet ist (Canrinus et al., 2019). Kohärenz äußert sich dabei auf verschiedenen Ebenen: Auf *struktureller Ebene* kann durch die sinnvolle Kombination bzw. Abfolge modularer Kurse ein Verbinden und Wiederaufgreifen gelernter Inhalte sowie eine gezielte Verknüpfung mit Praxiserfahrungen ermöglicht werden. Das Wiederaufgreifen und Vernetzen gelernter Inhalte sowohl zwischen den Säulen einer Phase als auch über verschiedene Phasen hinweg ermöglicht einen kumulativen sowie progressiven Wissenserwerb und stellt die *inhaltliche Kohärenz* dar (Hellmann, 2019).

Sind weite Teile der (universitären) Lehrkräftebildung kohärent gestaltet, so liegt eine *Programmkohärenz* vor (Smeby & Heggen, 2014). Als Beispiel aus dem Fachbereich Chemie ist hier die Neustrukturierung der Chemielehrkräftebildung an der Universität Marburg im Projekt ProPraxis zu nennen, die gezielt fachinhaltliches und fachdidaktisches Lernen mit Praxiselementen verknüpft (Schween et al., 2019). Die Schaffung vor allem inhaltlicher Kohärenz kann aber auch innerhalb einzelner Module bzw. Lehrveranstaltungen erfolgen. Derartige Lehrkonzepte schaffen *konzeptuelle Kohärenz* (Canrinus et al., 2019). Beispiele für kohärenzfördernde Maßnahmen auf konzeptueller Ebene sind die Ansätze von Hermanns (2019), Lorentzen (2020) und Birkenstock (2025), die in Kapitel 2.6 (S. 19 ff.) detailliert vorgestellt werden.

Die Schaffung einer kohärenten Lehrkräftebildung bzw. kohärenter Lernangebote führt jedoch nicht automatisch zu einem kohärenten Wissenserwerb der angehenden Lehrkräfte. Hierzu ist es notwendig, dass die angehenden Lehrkräfte die vorliegende Kohärenz auch als solche wahrnehmen und die kohärent gestalteten Lernangebote zum Aufbau eines kohärenten Professionswissens nutzen (Helmke, 2022; Henning-Kahmann & Hellmann, 2019). Aus diesem Grund kann die durch die angehenden Lehrkräfte wahrgenommene Kohärenz der Lehrerbildung als Indikator für die Güte des angeleiteten Professionalisierungsprozesses angesehen werden (Henning-Kahmann & Hellmann, 2019).

Die im nachfolgenden Kapitel vorgestellten Studien zeigen in Bezug darauf die Problematik, dass die Lehrkräftebildung oftmals als wenig kohärent wahrgenommen wird, was insbesondere die Phase der universitären Lehrkräftebildung sowie den Übergang vom theoretischen in den praktischen Ausbildungsabschnitt betrifft.

## **2.4 Problem der mangelnden Kohärenz der Lehrkräftebildung**

Wie zuvor herausgestellt, ist es innerhalb der Lehrkräftebildung notwendig, die erlernten Wissensinhalte untereinander sowie mit praktischen Handlungserfahrungen zu verknüpfen, um die (angehenden) Lehrkräfte in ihrem Professionalisierungsprozess zu unterstützen (Bransford & Darling-Hammond, 2012; Canrinus et al., 2019; Darling-Hammond, 2006). In der Praxis zeigt sich jedoch oftmals ein divergentes Bild. So bemängeln angehende Lehrkräfte im Hinblick auf die Kohärenz ihrer universitären Lehrkräftebildung vielfach eine starke Fragmentierung, welche sich auf unterschiedlichen Ebenen äußert (Joos et al., 2019). Zum einen erfolgt die Vermittlung des Professionswissens im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung fragmentiert innerhalb der

einzelnen Säulen (Abbildung 3) und damit der drei Grunddomänen (Baumert & Kunter, 2006; KMK, 2019). Eine Vernetzung der Inhalte oder eine Kooperation der Akteure über die Domänengrenzen bzw. Säulen hinaus erfolgt demnach nur selten (mangelnde horizontale Kohärenz) (T. Bauer & Partheil, 2009). Zum anderen liegt eine Fragmentierung auch innerhalb der Säulen vor, wo verschiedene Themenblöcke in unterschiedlichen Lehrveranstaltungen durch teils unterschiedliche Dozierende gelehrt und nicht zueinander in Bezug gesetzt werden (mangelnde Kohärenz innerhalb der Säulen) (Lorentzen, 2020).

Des Weiteren wird die Sequenzierung in einen theorieorientierten ersten Ausbildungsabschnitt (universitäre Lehrkräftebildung) und praxisorientierten zweiten Ausbildungsabschnitt (Referendariat) dahingehend bemängelt, dass es im Verlauf des Studiums nur wenige Möglichkeiten zur Anwendung des erlernten theoretischen Wissens gibt und gleichzeitig im Referendariat teils stark vom Studium abweichende Anforderungen an die (angehenden) Lehrkräfte gestellt werden (mangelnde vertikale Kohärenz über die verschiedenen Ausbildungsphasen hinweg) (Mehlmann & Bikner-Ahsbahs, 2018). Dies zeigt sich insbesondere in der Domäne Fachwissen, in der die angehenden Lehrkräfte oftmals einen starken fachinhaltlichen Bruch zwischen erstem und zweitem Ausbildungsabschnitt wahrnehmen (Dreher et al., 2016; Glowinski et al., 2018; Wu, 2011). Klein (1910, 2016) beschreibt diesen Bruch – ursprünglich für den Fachbereich Mathematik – als *doppelte Diskontinuität*. Doppelt aus dem Grund, dass angehende Mathematiklehrkräfte einen zweimaligen (fachinhaltlichen) Bruch wahrnehmen (Klein, 1910, 2016): Beim Übergang von der Schule in die universitäre Lehrkräftebildung, in welcher die Domäne Fachwissen nicht an die schulischen Wissensgrundlagen anknüpft, sondern die universitäre Mathematik als vermeintlich davon losgelöstes, neues Fachwissensgebiet einführt, und beim späteren Übergang von der universitären Lehrkräftebildung zurück in die Schule, in welcher erneut die Schulmathematik zu vermitteln ist. Diese Wahrnehmung der Schul- und Universitätsmathematik als zwei vermeintlich vollständig voneinander getrennte Fachbereiche (Prediger, 2013) führt dazu, dass die Lehrkräfte beim Eintritt in die schulische Lehrtätigkeit dazu neigen, ihren eigenen Schulunterricht zu reproduzieren, statt diesen auf Basis ihres universitär erworbenen Fachwissens (neu) aufzubauen (T. Bauer & Partheil, 2009). Damit verliert das universitäre Fachwissen seine Funktion als Begründungs- und Erklärungsgrundlage für das schulische Fachwissen und riskiert zu einem trägen Wissen (Renkl, 1996) zu werden. Im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung resultiert aus der

Diskontinuität die Einschätzung der angehenden Lehrkräfte, dass die universitär erworbenen Fachinhalte kaum eine bzw. keine Relevanz für ihre spätere Lehrtätigkeit haben, was dazu führt, dass das Fachwissen examensorientiert und nicht im Sinne des Ausbaus des eigenen Professionswissens erlernt wird (T. Bauer & Partheil, 2009).

Das Problem der Fragmentierung und Diskontinuität betrifft jedoch nicht nur den Fachbereich Mathematik. Der Fachbereich Chemie weist ebenso eine mangelnde Kohärenz – insbesondere bezogen auf die Domäne Fachwissen – auf (Hermanns & Keller, 2019; Lorentzen, 2020; Schween et al., 2019). Diese äußert sich zum einen in einer strukturellen sowie inhaltlichen Fragmentierung der fachinhaltlichen Lehre in vermeintlich disjunkte Subdisziplinen (u.a. Anorganische Chemie, Organische Chemie, Physikalische Chemie) (KMK, 2019). Dabei erfolgt eine mit Blick auf die Strukturierung des chemischen Schulwissens (KMK & Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen [IQB], 2020) notwendige Vernetzung der Fachinhalte über die Subdisziplingrenzen hinaus kaum. Aus der mangelnden horizontalen Kohärenz innerhalb der universitären fachinhaltlichen Chemielehrkräftebildung resultiert so zum anderen auch eine Diskontinuität mit Blick auf den Übergang von der universitären Ausbildungsphase in die schulische Lehrtätigkeit (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.). Diese Diskontinuität äußert sich auch im Fachbereich Chemie darin, dass die angehenden Lehrkräfte das universitär erworbene Fachwissen als nicht relevant bzw. anknüpfungsfähig für die schulische Lehrtätigkeit ansehen (Schween et al., 2019).

Angesichts der hohen Bedeutung der universitären Lehrkräftebildung als Grundprofessionalisierungsinstanz sind die wahrgenommenen Kohärenzprobleme als alarmierend anzusehen, insbesondere jene in der Domäne Fachwissen, da dieser als Basisfacette eine Schlüsselrolle im Aufbau des Professionswissens zukommt, wie nachfolgend dargelegt wird.

## **2.5 Bedeutung des Fachwissens im Professionalisierungsprozess**

Die zentrale Bedeutung der Domäne Fachwissen im Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte hebt bereits Shulman (1987) in seinen grundlegenden Konzeptualisierungen hervor, im Rahmen derer er das Fachwissen einer Lehrkraft als Basisressource im Professionalisierungsprozess bezeichnet: „To teach is first to understand.“ (Shulman, 1987, S. 14). Lehrkräfte müssen zunächst den zu lehrenden Fachinhalt umfassend und im strukturellen Gesamtzusammenhang verstanden haben, bevor

sie diesen lernwirksam vermitteln können. Auch das RCM spiegelt die zentrale Rolle des Fachwissens wider, indem es dieser Wissensbasis die Hälfte des Raumes im äußersten Ring einräumt (vgl. Abbildung 2, S. 9) (Carlson et al., 2019). Empirischen Untersuchungen liegt ebenso oftmals die Annahme zu Grunde, dass eine solide Fachwissensbasis eine notwendige Voraussetzung für den Erwerb Fachdidaktischen Wissens darstellt (Krauss et al., 2008; Riese, 2009). Tatsächlich können für beide Bereiche des fachbezogenen Professionswissens Korrelationen auch empirisch nachgewiesen werden (Kirschner et al., 2017; Krauss et al., 2008). Die Autor:innen der COACTIV-Studie (Kunter et al., 2011) sehen in der Korrelation einen Kausalzusammenhang und treffen – aufbauend auf qualitativen Studienergebnissen – die Annahme, dass das Fachdidaktische Wissen auf dem Fachwissen aufbaut, nicht aber durch dieses ersetzt werden kann. Somit definiert das Fachwissen den Entwicklungsraum für das Fachdidaktische Wissen, weshalb Fachwissenslücken kaum durch Fachdidaktisches Wissen kompensiert werden können. Gleichzeitig bleibt das Fachwissen jedoch träge, wenn es nicht durch Fachdidaktisches Wissen für die Lehre verfügbar gemacht wird. (Baumert & Kunter, 2011b).

Baumert und Kunter (2011b) bringen die zuvor genannten ausbildungsbezogenen Aspekte in einem handlungsorientierten Zitat zusammen, das die Schwerpunktsetzung dieser Arbeit maßgeblich beeinflusst: „Es scheint, dass Ausbildungsprogramme, die Kompromisse in der fachwissenschaftlichen Ausbildung eingehen, negative Rückwirkungen auf die Entwicklung des Fachdidaktischen Wissens und in Konsequenz auf die erfolgreiche Unterrichtstätigkeit haben. Unterschiede im Fachwissen, die während der Ausbildung auftreten, bleiben über die gesamte Berufstätigkeit bestehen.“ (Baumert & Kunter, 2011b, S. 185).

Zieht man die wahrgenommenen Kohärenzprobleme der universitären Lehrkräftebildung (Kapitel 2.4, S. 15 ff.) sowie die zentrale Bedeutung einer soliden Fachwissensbasis für den Professionalisierungsprozess angehender Lehrkräfte (Kapitel 2.5, S. 17 f.) zusammen, wird die Notwendigkeit einer Kohärenzsteigerung in der fachbezogenen universitären Lehrkräftebildung (insbesondere der Fachwissenschaft) deutlich.

## 2.6 Ansätze zur Kohärenzsteigerung in der Chemielehrkräftebildung

Um dem zuvor beschriebenen Problem des wahrgenommenen Bruchs zwischen universitärer Lehrkräftebildung und schulischer Lehrtätigkeit – insbesondere innerhalb der fachbezogenen Professionswissensdomänen – zu begegnen und so die angehenden Lehrkräfte in ihrer Grundprofessionalisierung bestmöglich zu unterstützen, wurden in den letzten Jahren verschiedene Lehrkonzepte – teils einhergehend mit Konzeptualisierungen spezifischer Transferwissensarten – erarbeitet. Nachfolgend werden drei zentrale Konzepte aus dem Fachbereich Chemie vorgestellt.

### 2.6.1 Hermanns: Steigerung der vertikalen Kohärenz innerhalb der Subdisziplin Organische Chemie

Ausgehend von Konzeptualisierungen aus den Fachbereichen Mathematik (Dreher et al., 2018) und Physik (Woehlecke et al., 2017), überträgt Hermanns (2019) das Konstrukt des *Erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext* (englisch: *School Related Content Knowledge – SRCK*) in den Fachbereich Chemie. „Das erweiterte Fachwissen [für den schulischen Kontext] beschreibt dabei Wissen und Fähigkeiten, die es ermöglichen, Inhalte aus dem universitären Wissen und dem Schulwissen miteinander in Verbindung zu bringen.“ (Woehlecke et al., 2017, S. 419) und wird in drei Grundfacetten ausdifferenziert (Woehlecke et al., 2017, S. 419):

1. „Wissen über Konzepte und ihre Anwendung im jeweiligen Fach“
2. „Wissen über Erkenntnisprozesse unter Einbezug von Theorie, Fachsprache, Erkenntnis- und Gültigkeitsprinzipien im Fach“
3. „Wissen, um sinnvoll und vorausschauend zu reduzieren“

Die erste Facette fußt auf der Annahme, dass Fachinhalte eines jeden Themenbereichs (sowohl des Schulwissens als auch des universitären Fachwissens) auf zentrale Konzepte rückführbar sind, die eine Strukturierung des Fachwissens ermöglichen. Das „Wissen über Konzepte und ihre Anwendung im jeweiligen Fach“ meint somit sowohl ein strukturiertes Fachwissen an sich als auch das Metawissen über die Strukturierung und verknüpft über abstrahierte, zentrale Konzepte Aspekte des Schulwissens und des universitären Fachwissens miteinander. (Hermanns, 2019; Woehlecke et al., 2017).

Die zweite Facette weist einen starken Bezug zur Professionswissensdomäne Fachdidaktisches Wissen auf. Das „Wissen über Erkenntnisprozesse unter Einbezug von Theorie, Fachsprache, Erkenntnis- und Gültigkeitsprinzipien im Fach“ spiegelt nicht das

disziplinbezogene Fachwissen an sich, sondern fachspezifische Aspekte der *Nature of Science* (Arndt et al., 2020; Heering & Kremer, 2018) wider. Es ermöglicht einer Lehrkraft, Wissensinhalte hinsichtlich ihrer historischen Genese sowie ihrer Bedeutung für die Fachdisziplin einzuordnen und diese Zusammenhänge in der Lehre zu explizieren. (Hermanns, 2019; Woehlecke et al., 2017).

Die letzte Facette fokussiert schließlich die Vermittlungsperspektive des Fachwissens. Um Fachinhalte lernwirksam vermitteln zu können, ist es notwendig, das Vorwissen der Schüler:innen zu erfassen, an dieses anzuknüpfen und einen progressiven Wissensaufbau zu fördern. Hierzu benötigt eine Lehrkraft das „Wissen, um sinnvoll und vorausschauend zu reduzieren“, welches ebenfalls einen starken Bezug zur Lehrprofessionswissensdomäne Fachdidaktisches Wissen aufweist. (Hermanns, 2019; Woehlecke et al., 2017).

Mit dem Ziel, die durch angehende Lehrkräfte wahrgenommene Relevanz universitärer Fachwissensinhalte für die schulische Lehrtätigkeit zu steigern, entwickelt Hermanns (2019) Übungsaufgaben für die Lehrveranstaltung *Organische Chemie I für Lehramtsstudierende* anhand der Facetten des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext. Dazu bettet sie konkrete fachinhaltliche Problemstellungen in einen lehrbezogenen Kontext ein. Während sich der Fachinhalt des neuen Aufgabentyps nicht von dem traditioneller Aufgaben der Subdisziplin unterscheidet, wird durch den Kontext jedoch ein Bezug zu spezifischen, realitätsbezogenen Lehrsituationen hergestellt. Die Bearbeitung der Aufgaben erfolgt diskursiv in Gruppen zu je zwei Studierenden und fokussiert auf Grund der spezifischen Aufgabenstellung auch eine Argumentation des Lösungsweges. So gelingt es Hermanns (2019), alle drei Facetten des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext in den Lösungsprozess der Aufgaben einzubeziehen: Die angehenden Lehrkräfte wenden ihr universitäres Fachwissen zur Lösung einer Problemstellung an (Facette 1), entwickeln einen an das in der Aufgabenstellung dargelegte fachinhaltliche Niveau angepassten Lösungsweg (Facette 3) und explizieren diesen argumentativ im Gespräch mit ihren Kommiliton:innen, wobei sie insbesondere die Fachsprache korrekt anwenden müssen (Facette 2).

Im Vergleich zu traditionellen, rein fachinhaltlich orientierten Aufgaben bewerten Studierende den neuen Aufgabentypus als relevanter für ihre zukünftige Lehrtätigkeit (Hermanns, 2021; Hermanns & Ermler, 2021; Hermanns & Keller, 2021). Dieses Ergebnis zeigt, dass durch eine Verknüpfung fachinhaltlichen Wissens mit lehrbezogenen Kontexten die wahrgenommene Professionsorientierung universitärer,

fachwissenschaftlicher Lehrveranstaltungen gesteigert werden kann, was zu einer Steigerung der wahrgenommenen Kohärenz beiträgt. Auf Grund des starken Bezugs des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext zum Fachdidaktischen Wissen trägt das spezifische Vorgehen zu einer Steigerung der horizontalen Kohärenz zwischen den Domänen Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen bei. Darüber hinaus kann in der Verknüpfung des Fachwissens zu lehrbezogenen Kontexten auch eine Kohärenzsteigerung in vertikaler Ebene zwischen den Phasen der universitären Lehrkräftebildung und der Schulpraxis gesehen werden. Eine explizite Verknüpfung universitären Fachwissens mit schulischem Fachwissen im Themenfeld der Organischen Chemie erfolgt jedoch nicht, da die behandelten Fachinhalte nur einem der beiden Wissensbereiche entstammen und keine inhaltliche Verbindung zwischen diesen hergestellt wird. Somit ist davon auszugehen, dass der neue Aufgabentypus keinen wesentlichen Einfluss auf die wahrgenommene Diskontinuität innerhalb der Domäne Fachwissen beim Übergang von der universitären Bildung in die schulische Lehrtätigkeit haben wird.

### **2.6.2 Lorentzen: Steigerung der vertikalen Kohärenz innerhalb der Subdisziplin Physikalische Chemie**

Eine stärkere Fokussierung auf die Überwindung der wahrgenommenen fachinhaltlichen Diskontinuität nimmt Lorentzen (2020) für die Subdisziplin Physikalische Chemie vor. Dazu knüpft sie an die Konzeptualisierung des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext nach Woehlecke et al. (2017) und Heinze et al. (2016) an, setzt aber einen stärkeren Fokus auf die Strukturierungs- und Vernetzungsaspekte zwischen schulischem und universitärem Fachwissen. Das von ihr konzeptualisierte *fachliche Strukturierungswissen* „[...] soll es [als Metawissen] (angehenden) Lehrkräften ermöglichen, sowohl innerhalb der Strukturen des universitären bzw. schulischen Fachwissens als auch flexibel zwischen den Bereichen agieren zu können.“ (Lorentzen, 2020, S. 13). Auch das fachliche Strukturierungswissen weist drei zentrale Facetten auf (Lorentzen, 2020, S. 13):

1. „Wissen über die Entwicklung und geeignete Sequenzierung von Themen, Inhalten und Begriffen im Bildungsverlauf“
2. „Wissen über Verbindungen vom universitären Fachwissen zum schulischen Fachwissen“

3. „Wissen über die Zuordnung von Themen, Begriffen und Konzepten zu zentralen übergeordneten Konzepten“

Zwar gibt es klar erkennbare Bezüge zum erweiterten Fachwissen für den schulischen Kontext (insbesondere von Facette 3 zu Facette 1), das fachliche Strukturierungswissen stellt jedoch deutlicher das Fachwissen, dessen Struktur sowie den Bezug zwischen Schulwissen und universitärem Fachwissen in den Fokus.

Die erste Facette ist vor dem Hintergrund eines kumulativen Wissensaufbaus im Schulunterricht des Fachs Chemie bedeutsam, da diese „[...] einen vorausschauenden Blick dafür [ermöglicht], auf welchem Niveau und in welchen Kontexten ein Inhalt in höheren Klassenstufen und im weiteren Bildungsverlauf erneut thematisiert wird und wie sich dieser entwickelt.“ (Lorentzen, 2020, S. 13). Somit ermöglicht das „Wissen über die Entwicklung und geeignete Sequenzierung von Themen, Inhalten und Begriffen im Bildungsverlauf“ der Lehrkraft eine adressatengerechte und gleichzeitig vorausschauende Unterrichtsplanung, wodurch sich ein Bezug zu Aspekten des Fachdidaktischen Wissens (bspw. zu Instruktionsstrategien) ergibt.

Die zweite Facette ist als eine Art Transferwissen zu verstehen, welches es einer Lehrkraft ermöglicht, ihr tiefergehendes universitär erworbenes Fachwissen für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähig zu machen. Durch das „Wissen über Verbindungen vom universitären Fachwissen zum schulischen Fachwissen“ können beide Wissensbereiche miteinander verknüpft werden und das universitäre Fachwissen kann als Erklärungs- bzw. Begründungswissen für die schulischen Lehrinhalte fungieren.

Die letzte Facette deckt sich mit der ersten Facette des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext, wobei die Metaebene des Wissens stärker betont wird. Das „Wissen über die Zuordnung von Themen, Begriffen und Konzepten zu zentralen übergeordneten Konzepten“ ermöglicht es einer Lehrkraft, ihr Wissen zu strukturieren, einzelne Inhalte in Grundkonzepte einzugliedern und Bezüge zwischen einzelnen Themenbereichen und Konzepten herzustellen, um so ihr Fachwissen zu einem umfassenden Wissensnetz auszubauen, welches ihr unterrichtliche Flexibilität ermöglicht (vgl. Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.).

Aufbauend auf der Konzeptualisierung des fachlichen Strukturierungswissens entwickelt Lorentzen (2020) ein Lernangebot für die Subdisziplin Physikalische Chemie, „[...] das das universitäre Fachwissen mittels berufsbezogener Anwendungssituationen mit dem schulischen Fachwissen vernetzt und dadurch die Bedeutsamkeit und

Nützlichkeit des universitären Fachwissens für den späteren Beruf einer Lehrkraft für Lehramtsstudierende der Chemie expliziert.“ (Lorentzen, 2020, S. 125).

Dazu fokussiert sie drei zentrale Inhalte aus dem Bereich der Physikalischen Chemie (*Aggregatzustände und deren Übergänge, Energetik chemischer Reaktionen* und *Entropie*), die sie jeweils in einer 90-minütigen Seminarsitzung im Sinne des fachlichen Strukturierungswissens aufbereitet. Alle Seminarsitzungen folgen dabei dem gleichen Grundaufbau (Abbildung 4).

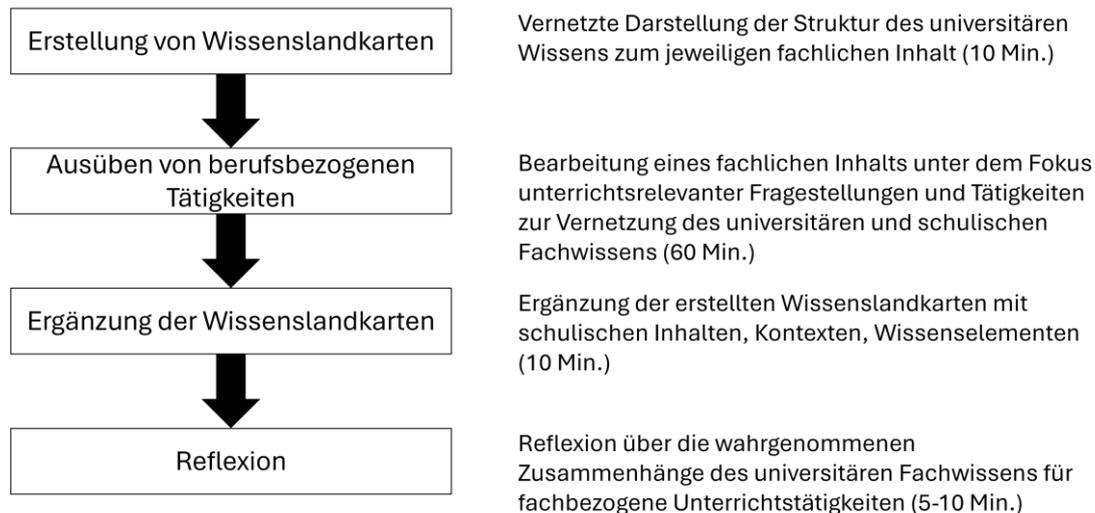


Abbildung 4: Grundaufbau aller Seminarsitzungen des Lernmoduls nach Lorentzen (2020).

Es wird deutlich, dass auch Lorentzen (2020) (genau wie Hermanns (2019)) eine gezielte Verknüpfung von universitärem Fachinhalt und beruflichem Handlungskontext vornimmt. Anders als Hermanns (2019) fokussiert sie in diesem jedoch auch eine explizite Verknüpfung beider Fachinhaltsbereiche, indem durch die angehenden Lehrkräfte beispielsweise eine „didaktische Reduktion“ ausgewählter Inhalte des universitären Fachwissens hin zum Schulwissen ausgeführt wird. Die Phase des *Ausübens von berufsbezogenen Tätigkeiten* wird flankiert durch das *Erstellen bzw. Ergänzen von Wissenslandkarten* zu jedem der behandelten Inhalte. So soll zunächst die Struktur des universitären Fachwissens expliziert werden, bevor schulische Wissensinhalte in das bestehende Wissensnetz eingefügt werden. Dieses Vorgehen ermöglicht es, die Verknüpfungen zwischen universitärem und schulischem Fachwissen strukturiert zu visualisieren. Zum Abschluss der Sitzungen werden die wahrgenommenen Verknüpfungen im Rahmen einer kurzen Reflexion expliziert und reflektiert. Übergeordnetes Ziel ist es, die angehenden Lehrkräfte in der Ausbildung des fachlichen Strukturierungswissens – als berufsspezifisches Metawissen – zu unterstützen, welches das universitäre und schulische Fachwissen strukturiert und miteinander vernetzt. (Lorentzen, 2020).

Untersuchungen von Lorentzen (2020) hinsichtlich der Effekte des konzipierten Lehrangebots auf das fachliche Strukturierungswissen der angehenden Lehrkräfte zeigen, dass dieses die Fähigkeit zur Zuordnung universitärer und schulischer Fachinhalte zueinander stärkt und somit die wahrgenommene Berufsrelevanz der universitären Fachwissensinhalte aus dem Bereich der Physikalischen Chemie zunimmt. Gleichzeitig fördert das spezifische Vorgehen auch die Kenntnis der angehenden Lehrkräfte über die fachwissensbezogenen Facetten der Lehrtätigkeit (vor allem Unterrichtsplanung und -durchführung). (Lorentzen, 2020).

Im Sinne der Kohärenzsteigerung zeigen sich somit ähnliche Effekte wie bei Hermanns (2021). Die Verknüpfung konkreter Fachinhalte mit berufsbezogenen Tätigkeiten kann als Beitrag zur Steigerung der horizontalen Kohärenz zwischen Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen sowie zur Steigerung der vertikalen Kohärenz zwischen universitärer Ausbildungsphase und schulischer Lehrtätigkeit angesehen werden. Darüber hinaus führt die Explikation konkreter fachinhaltlicher Bezüge zwischen universitärem und schulischem Fachwissen und die Förderung des Aufbaus eines umfassenden Fachwissensnetzes auch zu einer vertikalen Kohärenzsteigerung innerhalb der Domäne Fachwissen, die einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Diskontinuität erwarten lässt.

Sowohl Hermanns (2019) als auch Lorentzen (2020) ist es gelungen, für jeweils eine Subdisziplin des Fachbereichs Chemie eine Lehr- bzw. Lernform zu konzipieren, die zur Kohärenzsteigerung innerhalb der universitären Lehrkräftebildung mit Blick auf die spätere Lehrtätigkeit beiträgt und so den Professionalisierungsprozess der angehenden Chemielehrkräfte unterstützt. Wie bereits in Kapitel 2.4 (S. 15 ff.) dargelegt, liegt die Fragmentierung der Lehrkräftebildung im Fachbereich Chemie jedoch nicht nur in einer mangelnden Kohärenz zwischen den Wissensdomänen Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen sowie in der Verknüpfung von erlerntem Wissen mit unterrichtsnahen, praktischen Anwendungssituationen begründet, sondern ist auch auf eine starke Fragmentierung innerhalb der Wissensdomäne Fachwissen auf horizontaler Ebene zurückzuführen (vgl. auch Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.). Während der universitäre Fachwissenserwerb innerhalb verschiedener historisch gewachsener Subdisziplinen erfolgt, ist das Schulwissen subdisziplinübergreifend strukturiert. Die angehenden Lehrkräfte stehen somit nicht nur vor der Herausforderung, das universitäre Fachwissen einer Subdisziplin mit dem Schulwissen zu verknüpfen, sondern auch eine

subdisziplinübergreifende Vernetzung der Wissensinhalte vorzunehmen (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.).

An dieser Stelle setzt das Konzept von Birkenstock (2025) an, was ebenjene horizontale Vernetzung innerhalb der Domäne Fachwissen für die Subdisziplinen Organische und Physikalische Chemie fokussiert.

### **2.6.3 Birkenstock: Steigerung der horizontalen Kohärenz zwischen den Subdisziplinen Organische und Physikalische Chemie**

Der Konzeption von Birkenstock (2025) liegt keine explizite Konzeptualisierung eines Transferwissens für die Domäne Fachwissen zu Grunde, jedoch wird als Zielsetzung die „[...] Entwicklung und Erprobung von Maßnahmen zur Unterstützung des Vernetzungsverständnisses und der Wahrnehmung von Vernetzungen chemischen Fachwissens auf Hochschulebene bei Student/innen des Lehramts für das Fach Chemie.“ (Birkenstock, 2025, S. 30) formuliert. Beide genannten Aspekte lassen auf die Förderung eines Metawissens über die Vernetzung chemischer Fachinhalte zwischen den beiden Subdisziplinen schließen. Ziel ist es somit nicht vorrangig, das vernetzte Fachwissen umfassend auszubilden, sondern die angehenden Lehrkräfte vielmehr für die Wissensvernetzung zu sensibilisieren. Zur Explikation der Fachwissensverbindungen zwischen den Subdisziplinen setzt Birkenstock (2025) eine multidimensionale Concept Map im Sinne eines Advance Organizers ein, welche die angehenden Lehrkräfte bei der Wahrnehmung und Internalisierung der Vernetzungen unterstützen soll (Birkenstock & Di Fuccia, 2023). Im Unterschied zu Lorentzen (2020) fokussiert Birkenstock (2025) dabei rein die Ebene des universitären Fachwissen und bezieht keine Aspekte des Schulwissens mit ein. Basierend auf den Ergebnissen einer Einzelfallstudie schlussfolgert Birkenstock (2025), dass die Concept Map als Advance Organizer positive Effekte sowohl auf die Fachwissensvernetzung als auch auf das Vernetzungsverständnis der angehenden Lehrkräfte zwischen den Subdisziplinen Organische und Physikalische Chemie hat.

Im Rahmen ihrer Studie stellt Birkenstock (2025) somit Beziehungen zwischen den Fachinhalten der Organischen Chemie und der Physikalischen Chemie (als Ebene des Erklärungs- bzw. Begründungswissens) im Sinne der Steigerung der horizontalen Kohärenz her. Zwar bezieht sie die Ebene des Schulwissens nicht direkt mit ein, es ist aber anzunehmen, dass diese Wissensvernetzung auch einen positiven Effekt auf die Verknüpfung von universitärem und schulischem Fachwissen hat, da durch die

Explikation der Vernetzungen Subdisziplingrenzen aufgebrochen werden, was zur Ausbildung eines umfassenderen Wissensnetzes führt, in das die Schulwissensinhalte, die nicht den Subdisziplinen entsprechen, leichter eingegliedert werden können (vgl. auch Kapitel 4.2.2, S. 56ff. und Kapitel 4.4, S. 62 ff.).

Zusammenfassend liegen für den Fachbereich Chemie bereits Ansätze zur Kohärenzsteigerung der universitären Lehrkräftebildung mit Blick auf die spätere schulische Lehrtätigkeit in den fachbezogenen Professionswissensdomänen vor. Allerdings bleiben sowohl Hermanns (2019) als auch Lorentzen (2020) bei ihren Ansätzen innerhalb jeweils einer Subdisziplingrenze, wodurch die Ansätze nicht geeignet sind, die Fragmentierung zwischen den Subdisziplingrenzen innerhalb der Wissensdomäne Fachwissen zu adressieren. Birkenstock (2025) bricht zwar die Subdisziplingrenzen zwischen Organischer und Physikalischer Chemie auf, fokussiert aber ausschließlich die Ebene des universitären Fachwissens.

Soll sowohl der Fragmentierung innerhalb der Wissensdomäne Fachwissen als auch der Diskontinuität dieser Domäne zwischen universitärer Ausbildungsphase und schulpraktischer Lehrtätigkeit begegnet werden, so ist es erforderlich, beide Aspekte gleichzeitig zu adressieren und damit die Schaffung horizontaler und vertikaler Kohärenz innerhalb der Domäne Fachwissen konzentriert zu fokussieren. Inwiefern es möglich ist, beide Aspekte gleichermaßen im Rahmen eines Lehr-/Lern-Moduls zu adressieren und wie ein derartiges Lehr-/Lern-Modul gestaltet sein muss, um dieser Zielsetzung gerecht werden zu können, wird in den folgenden Kapiteln erläutert.

### 3 Zielsetzung und Untersuchungsdesign

Im Rahmen von Kapitel 3 werden die grundlegende Zielsetzung sowie die leitende Forschungsfrage des Promotionsprojektes aus dem bestehenden Forschungsstand und der sich daraus ergebenden Forschungslücke abgeleitet (Kapitel 3.1 und 3.2). Anschließend werden die forschungsmethodische Rahmung der Arbeit (Kapitel 3.3) und die zur Beantwortung der Forschungsfrage sowie zum Erreichen der Zielsetzung eingesetzten empirischen Methoden (Kapitel 3.4) vorgestellt.

#### 3.1 Zusammenfassung des Forschungsstandes und Ableitung der Forschungslücke

Der dargelegte Forschungsstand verdeutlicht die Bedeutsamkeit des Lehrerprofessionswissens für die aktive Lehrtätigkeit und damit für den Lernerfolg der Schüler:innen. Nur, wenn eine Lehrkraft über eine facettenreiche pPCK-Wissensbasis verfügt, kann sie ihren Unterricht bedarfs- und adressatengerecht und damit für die Schüler:innen lernwirksam gestalten und flexibel in diesem agieren (ePCK) (vgl. Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.). Aus den Forschungsergebnissen zur Entwicklung des Lehrerprofessionswissens (Kapitel 2.2, S. 11 ff.) lässt sich weiter die zentrale Rolle der universitären Lehrkräftebildung im Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte mit Blick auf die (fachbezogenen) Professionswissensdomänen ableiten. So legt ebenjener Ausbildungsabschnitt den Grundstein für den Professionalisierungsprozess und damit für die Ausbildung der umfassenden pPCK-Wissensbasis, indem im Rahmen formaler Lerngelegenheiten das Basiswissen vermittelt wird, auf welchem in der Unterrichtspraxis aufgebaut werden kann (und muss). Demnach sollte das oberste Ziel der (universitären) Lehrkräftebildung darin bestehen, die angehenden Lehrkräfte bestmöglich in ihrem Grundprofessionalisierungsprozess zu unterstützen. Um diesem Ziel gerecht zu werden, ist eine kohärente Gestaltung der Lehrkräftebildung sowohl über die verschiedenen Ausbildungssäulen und -phasen hinweg als auch mit Blick auf die spätere Lehrpraxis erforderlich, um das universitär erworbene Wissen für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähig zu machen (vgl. Kapitel 2.3, S. 13 ff.). Insbesondere innerhalb der fachbezogenen Professionswissensdomänen zeigt sich in der Praxis der Chemielehrkräftebildung jedoch eine wahrgenommene mangelnde Kohärenz. Diese äußert sich horizontal in einer unzureichenden Verknüpfung der Domänen Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen und einer Fragmentierung des Wissens in einzelne Subdisziplinen innerhalb der Domäne Fachwissen sowie vertikal in einer wahrgenommenen

Diskontinuität zwischen erworbenem Fachwissen und dem im Schulkontext benötigten Lehrwissen (vgl. Kapitel 2.4, S. 15 ff. sowie auch Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.).

An dieser Stelle soll das im Rahmen dieses Promotionsprojektes konzipierte Lehr-/Lern-Modul für die gymnasiale Lehrkräftebildung ansetzen. Die im Konzeptionsprozess verfolgte grundlegende Zielsetzung sowie die leitende theoriebezogene Forschungsfrage werden im nachfolgenden Kapitel dargelegt.

### 3.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

Der vorliegenden Arbeit und dem dahinterstehenden Promotionsprojekt liegt eine (praxisbezogene) Zielsetzung zu Grunde, aus welcher sich ebenso eine leitende (theoriebezogene) Forschungsfrage ergibt:

Der dargelegte Kenntnisstand zeigt, dass die mangelnde Kohärenz der (universitären) Chemielehrkräftebildung ein multidimensionales Problem darstellt, dessen Ursache sowohl in einer mangelnden Verknüpfung der Domänen Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen (resultierend aus einer mangelnden horizontalen Kohärenz zwischen den entsprechenden Säulen) und einer Fragmentierung der fachinhaltlichen Lehre in isoliert gelehrt Subdisziplinen (mangelnde Kohärenz innerhalb der Säule Fachwissenschaft) als auch in einer wahrgenommenen Diskontinuität zwischen universitär erworbenem Fachwissen und später benötigtem Lehrwissen (mangelnde vertikale Kohärenz insbesondere innerhalb der Säule Fachwissenschaft) begründet liegt. Gleichzeitig fokussieren bestehende Ansätze zur Kohärenzsteigerung in der Chemielehrkräftebildung meist nur einzelne dieser Facetten. Sollen angehende Chemielehrkräfte in ihrem Professionalisierungsprozess umfassend unterstützt werden, ist es jedoch notwendig, alle genannten Aspekte gleichermaßen zu adressieren und so zu einer umfassend kohärenten Chemielehrkräftebildung beizutragen.

**Ziel der vorliegenden Arbeit ist aus diesem Grund, ein Lehr-/Lern-Modul zu konzipieren, welches zur Schaffung einer umfassenden (sowohl horizontalen als auch vertikalen) Kohärenz innerhalb der fachbezogenen Professionswissensdomänen – insbesondere der Domäne Fachwissen – beiträgt und die angehenden Lehrkräfte so in ihrem Professionalisierungsprozess bestmöglich unterstützt.**

Aus den praxisorientierten Zielsetzungen ergibt sich damit folgende theoriebezogene empirische Forschungsfrage:

### **Inwiefern leistet das konzipierte Lehr-/Lern-Modul einen Beitrag zur Kohärenzsteigerung der fachbezogenen Chemielehrkräftebildung und unterstützt die angehenden Chemielehrkräfte so in ihrem Professionalisierungsprozess?**

Um der Multiperspektivität des Forschungsprojektes gerecht werden und sowohl praxisbezogene (Was wirkt?) als auch theoriebezogene Erkenntnisse (Warum bzw. wie wirkt es?) generieren zu können, wird die Konzeption und Evaluation des Lehr-/Lern-Moduls im Rahmen eines Design-Based-Research-Projekts (vgl. Kapitel 3.3, S. 29 ff.) realisiert. Dies ermöglicht eine iterierte (Weiter-)Entwicklung des Modulkonzeptes und so die Konzeption eines bedarfsorientierten, mit Blick auf die Zielsetzung wirksamen Lehr-/Lern-Moduls (Praxis-Perspektive) und gleichzeitig das Ableiten und stete Verfeinern bzw. Validieren verallgemeinerbarer, forschungstheoretischer Erkenntnisse (Theorie-Perspektive). (Reinmann, 2005).

### **3.3 Forschungsmethodische Rahmung – Design-Based Research**

Den Ausgangspunkt für Forschung im Design-Based-Research-Ansatz liefern stets Probleme aus der realen Bildungspraxis, für die im Rahmen des Forschungsprojektes Lösungsansätze konzipiert, evaluiert und bis zum finalen, mit Blick auf die Zielsetzung wirksamen Konzept weiterentwickelt werden (Kennedy-Clark, 2015; Plomp, 2013; Reinmann, 2005). Ein derartiges Praxisproblem kann in der wahrgenommenen mangelnden Kohärenz der universitären Chemielehrkräftebildung (vgl. Kapitel 2.4, S. 15 ff.) gesehen werden.

Als weiteres Charakteristikum des Design-Based-Research-Ansatzes erfolgt die Problemlösung nicht produkt-, sondern prozessorientiert. Ziel ist es, den spezifischen Lehr-/Lern-Prozess umfassend zu verstehen und zu Grunde liegende Gelingensfaktoren abzuleiten (Kolbeck, 2019; Reinmann, 2005).

Die Zielsetzung von Design-Based-Research-Projekten ist dabei dichotom: Zum einen gilt es, eine lernwirksame, im realen Bildungskontext umsetzbare Intervention zur Lösung des spezifischen Praxisproblems zu konzipieren (nutzenorientiertes, praxisbezogenes Ziel – Was wirkt?) und zum anderen forschungsbezogene, verallgemeinerbare Theorien abzuleiten, aus denen heraus die Wirksamkeit der Intervention begründet werden kann (theoriebezogenes Ziel – Warum bzw. wie wirkt etwas?) (The Design-Based Research Collective, 2003; Reinmann, 2005). Typisch für den Design-Based-Research-Ansatz ist dabei ein iteratives Vorgehen (Abbildung 5):

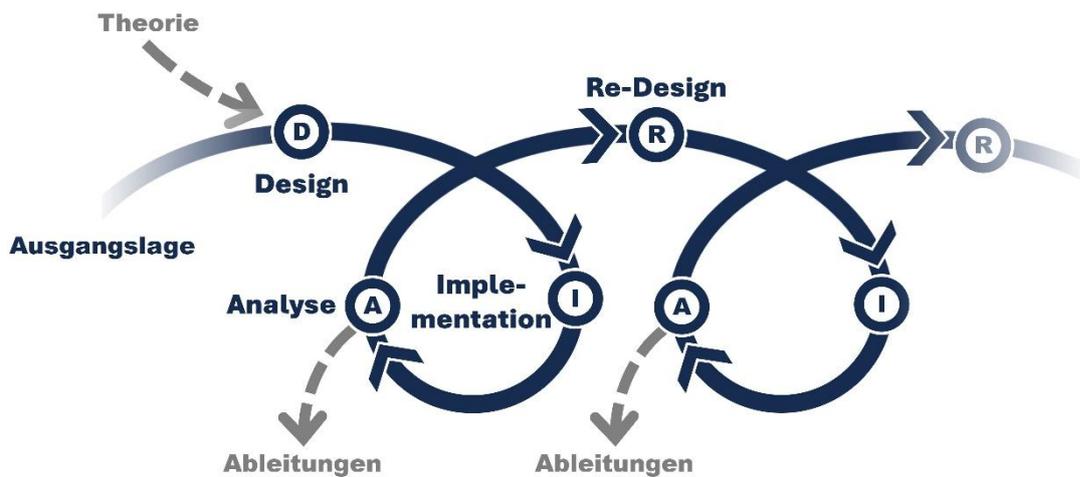


Abbildung 5: Allgemeiner Verlauf von Design-Based-Research-Projekten (in Anlehnung an Fraefel, 2014).

Ausgehend von dem realen Praxisproblem (Ausgangslage), welches zunächst umfassend analysiert wird (Framing), wird unter Einbezug etablierter Theorien ein erstes Problemlösekonzept erarbeitet (Design). Die so entwickelte Intervention wird in die Lehrpraxis implementiert und unter Bezug auf die zu Grunde liegende Zielsetzung analysiert. Basierend auf den Analyse-Ergebnissen erfolgt ein Re-Design, bevor das überarbeitete Interventionskonzept erneut implementiert und analysiert wird. Die Zyklen aus Design, Implementation, Analyse und Re-Design werden als Mesozyklen bezeichnet. Bis zum Erreichen der verfolgten Zielsetzung werden mehrere Mesozyklen durchlaufen, in deren Rahmen eine stete Weiterentwicklung der Intervention bis zum finalen Konzept erfolgt. Aus der Analyse der Gelingensfaktoren lassen sich schließlich forschungsbezogene Erkenntnisse bzw. Theorien ableiten, die die beobachteten Effekte der konzipierten Intervention allgemeingültig erklären können. (Kolbeck, 2019; Reinmann, 2005).

### 3.4 Erhebungs- und Auswertungsmethodik

Der forschungsmethodische Rahmen der Design-Based Research gibt keine spezifischen Forschungsmethoden vor, vielmehr können Forschungsprojekte im Design-Based-Research-Ansatz unterschiedliche qualitative sowie quantitative Forschungsmethoden beinhalten, die mit Blick auf die Zielsetzung sowie das Design des Forschungsprojektes gewählt werden (Reinmann, 2017). Nachfolgend werden die im Rahmen dieser Arbeit eingesetzten Forschungsmethoden überblicksartig vorgestellt. Konkretisiert werden die Methoden in den entsprechenden empirischen Kapiteln.

### 3.4.1 Schriftliche Befragungsformen

Schriftliche Befragungen werden im Rahmen des Promotionsprojektes in zwei Varianten eingesetzt. Zum einen in Form von strukturierten Fragebögen (Kapitel 3.4.1.1) und zum anderen in Form von Prozessportfolios (Kapitel 3.4.1.2).

#### 3.4.1.1 Fragebögen

Allgemein werden Fragebögen in der empirischen Forschung zur Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen wie beispielsweise Interesse, Überzeugungen oder Einstellung von Proband:innen zu bestimmten Themen eingesetzt. Darüber hinaus finden sie auch als Instrument zur Selbsteinschätzung der persönlichen Kompetenzen der Proband:innen Anwendung (Tiemann & Körbs, 2013). Fragebögen bestehen in der Regel aus verschiedenen Frageitems, die thematisch zu Itemgruppen zusammengefasst sind. Unterschieden werden dabei geschlossene, halboffene und offene Frageitems (Kolbeck, 2019).

##### Geschlossene Frageitems

Geschlossene Frageitems geben den Proband:innen bereits eine Auswahl an Antwortmöglichkeiten vor, beispielsweise in Form von Single Choice- oder Multiple Choice-Fragen oder in Form von Ratingskalen (bspw. Likert-Skala). Die Proband:innen bearbeiten geschlossene Frageitems im Antwortwahlverfahren. Der Vorteil geschlossener Frageitems liegt vor allem in der zeitökonomischen Auswertung der Daten sowie in einer hohen Auswertungsobjektivität. Als Nachteil kann die reine Ergebnisorientierung geschlossener Frageitems gesehen werden. Eine Erläuterung oder Begründung der Antwortwahl erfolgt bei geschlossenen Frageitems nicht, sodass der hinter der Antwortwahl liegende (Denk-)Prozess verborgen bleibt. (Tiemann & Körbs, 2013).

##### Offene Frageitems

Offene Frageitems werden in schriftlicher Form (bspw. durch das Formulieren von Texten oder Stichpunkten) beantwortet. Im Gegensatz zu geschlossenen Frageitems werden den Proband:innen hier keine Antwortmöglichkeiten vorgegeben, sondern die Antwortformulierung erfolgt frei. Offene Frageitems eignen sich somit besonders zur Abfrage einer persönlichen Meinung sowie zur Darlegung einer Begründung oder Bewertung. Offene Frageitems ermöglichen einen tieferen Informationsgehalt der Antworten insbesondere in Bezug auf den Begründungsrahmen, sind in ihrer Auswertung aber auch weniger zeitökonomisch als geschlossene Frageitems. Darüber hinaus ist der

Bearbeitungsaufwand für die Proband:innen ebenso höher, wodurch es zu einer höheren Hemmschwelle hinsichtlich der umfassenden Bearbeitung der Frageitems kommen kann. (Kolbeck, 2019; Tiemann & Körbs, 2013).

In der vorliegenden Arbeit werden kombinierte Fragebögen in Form von Evaluationsbögen bestehend aus Ratingskalen, ergänzt um Freitextfragen, eingesetzt. Diese dienen sowohl der Erfassung der Ausgangslage im Kontext des Framings (vgl. Kapitel 4.1.2, S. 42 ff. sowie Anhang I.I, S. 132 ff.) als auch der abschließenden Gesamtevaluation des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls (vgl. Kapitel 5, S. 82 ff. sowie Anhang I.IV, S. 140 ff.). Darüber hinaus findet im Rahmen der ersten Modulphase ein Selbsteinschätzungsbogen mit geschlossenen Frageitems Anwendung (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 56 ff. sowie Anhang I.II, S. 137). In Modulphase 2 werden für die Reflexion der Microteachings offene Fragebögen sowohl als Selbsteinschätzungs- als auch als Feedbackinstrument eingesetzt (vgl. Kapitel 4.5, S. 75 ff. sowie Anhang IV.III, S. 1695 ff.).

#### **3.4.1.2 Prozessportfolios**

Portfolios dienen der systematischen Sammlung von Arbeitsprodukten (Produktperspektive) sowie der Dokumentation der zu diesen führenden Leistungen und der Reflexion des dahinterstehenden Arbeits- bzw. Lernprozesses (Prozessperspektive). So werden individuelle Lernprozesse sichtbar und können selbst zum Gegenstand einer (Meta-)Reflexion werden, was es den Lernenden ermöglicht, ihren eigenen Lernprozess umfassend zu verstehen und Möglichkeiten zur Lernprozesssteuerung (selbstreguliertes Lernen (van Loon, 2019)) abzuleiten. Fokussieren Portfolios primär die Prozessperspektive, so werden sie als Prozessportfolios bezeichnet. Im Vordergrund von Prozessportfolios stehen somit nicht die Lernprodukte selbst, sondern die Reflexion der individuellen Erfahrungen im Prozess der Lernprodukterstellung (bspw. wahrgenommene Herausforderungen und/oder Erkenntnisse). (Bräuer, 2016; Reich, 2003, 2012).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden Prozessportfolios als kontinuierliches Reflexionsinstrument während des gesamten Modulverlaufs eingesetzt. Die angehenden Lehrkräfte sammeln in ihnen ihre Arbeits-/Lernprodukte und reflektieren den zu Grunde liegenden Arbeits-/Lernprozess anhand vorgegebener Prompts, die eine Fokussierung auf zentrale Aspekte ermöglichen (vgl. Kapitel 3.4.5, S. 37 f. sowie Anhang I.III, S. 138 f.). Die Prozessportfolios geben so einen Einblick in den Lernprozess der Studierenden und können anhand konkreter Untersuchungsfragen mittels

inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) ausgewertet werden (vgl. Kapitel 3.4.2.1, S. 33 f.). Da das Verständnis des Lernprozesses der Studierenden sowohl für den Designprozess des Lehr-/Lern-Moduls (bedarfsgerechte Konzeption durch das Erfassen wahrgenommener Herausforderungen sowie Evaluation durch das Erfassen wahrgenommener Effekte – Was wirkt?) als auch für die Ableitung theoriebezogener Erkenntnisse (Wie/Warum wirkt es?) von zentraler Bedeutung ist, werden die Prozessportfolios in der vorliegenden Arbeit als zentrales Erhebungsinstrument eingesetzt (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 56 ff. und Kapitel 4.4, S. 62 ff.).

### 3.4.2 Qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse stellt ein systematisches Verfahren zur Analyse verschriftlichten bzw. schriftlich vorliegenden Datenmaterials dar. Ziel ist es vorrangig, umfangreiches Datenmaterial auf die in Bezug zur grundlegenden Forschungsfrage bedeutsamen Inhalte kontrolliert zu reduzieren bzw. dieses zu komprimieren. Dies geschieht durch die Bildung strukturierender Kategorien, die entweder aus der zu Grunde liegenden Forschungsfrage bzw. dem sich darauf beziehenden Kenntnisstand *deduktiv* abgeleitet oder aus dem Datenmaterial heraus *induktiv* gebildet werden können. Die Kategorien müssen dabei genau definiert sowie trennscharf sein, um eine eindeutige Zuordnung des Datenmaterials zu den verschiedenen Kategorien (Codierung) zu ermöglichen. (Kuckartz & Rädiker, 2022; Mayring, 2022).

Die qualitative Inhaltsanalyse existiert in verschiedenen Varianten, die sich sowohl hinsichtlich der konkreten Vorgehensweise als auch der verfolgten Zielsetzung unterscheiden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die Varianten *inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse* nach Kuckartz und Rädiker (2022) sowie *zusammenfassende Inhaltsanalyse* nach Mayring (2022) angewandt, deren Charakteristika nachfolgend dargelegt werden.

#### 3.4.2.1 Inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse

Die inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse stellt ein mehrstufiges Verfahren basierend auf einer deduktiv-induktiven Kategorienbildung dar. So wird das Datenmaterial zunächst mittels aus der Forschungsfrage, der Literatur oder einer äußeren Systematik deduktiv abgeleiteten Hauptkategorien codiert, bevor anschließend die Hauptkategorien durch induktiv gebildete Subkategorien weiter ausdifferenziert werden. Dabei ist das zu Grunde gelegte Kategoriensystem nicht erschöpfend, sondern es

werden nur solche Textstellen codiert, die in Bezug auf die zu Grunde liegende Forschungsfrage von Relevanz sind. (Kuckartz & Rädiker, 2022).

Zur Sicherstellung der Güte des Codierprozesses wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Methode des konsensuellen Codierens in Codierkonferenzen angewendet, in deren Rahmen zwei Coder unabhängig voneinander einen Teil des Datenmaterials codieren, anschließend mögliche Abweichungen diskutieren und das Kategoriensystem basierend auf den Ergebnissen verfeinern (Kuckartz & Rädiker, 2022). Die inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse wird hauptsächlich zur Auswertung der Prozessportfolios (Kapitel 3.4.1.2, S. 32 f.) eingesetzt. Eine Abstraktion der codierten Sinneinheiten erfolgt dabei nicht (vgl. Anhang II.II – II.IV, S. 149 ff.).

### **3.4.2.2 Zusammenfassende Inhaltsanalyse**

Die zusammenfassende Inhaltsanalyse basiert auf einer rein induktiven Kategorienbildung. Ziel ist die Reduktion des Datenmaterials auf die Untersuchungsfrage betreffende Kernaussagen durch „Auslassen, Generalisation, Konstruktion, Integration, Selektion [und] Bündelung“ (Mayring, 2022, S. 68). Auch die zusammenfassende Inhaltsanalyse stellt ein iteratives, regelgeleitetes Verfahren dar. Dabei werden in einem ersten Schritt inhaltstragende Stellen aus dem Datenmaterial extrahiert und paraphrasiert. Anschließend erfolgt zunächst eine Generalisation der Paraphrasen auf einem zuvor festgelegten Abstraktionsniveau, bevor bedeutungsgleiche Paraphrasen gestrichen werden (Reduktion durch Selektion). In einem weiteren Reduktionsschritt werden die verbliebenen Paraphrasen gebündelt, ineinander integriert bzw. zu neu konstruierten Paraphrasen zusammengefasst. So wird schließlich eine Zusammenfassung der Kernaussagen des Datenmaterials in Form eines finalen, zusammenfassenden Kategoriensystems erhalten, dessen Passung zum Ausgangsmaterial in einem abschließenden Schritt rücküberprüft wird. (Mayring, 2022).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die zusammenfassende Inhaltsanalyse zur Auswertung der offenen Frageitems der Kohärenzfragebögen im Rahmen des Framings (Kapitel 4.1.2.2, S. 44 ff.) eingesetzt, bei der auf Grund der Subjektivität und Standortbezogenheit der Antworten keine deduktive a priori Kategorienbildung zielführend wäre (vgl. Anhang II.I, S. 142 ff.).

### 3.4.3 Videographie

Die Videographie stellt eine besondere Form der Beobachtung dar, da sie es ermöglicht, die beobachtete Situation umfassend zu konservieren. Durch die Dokumentation der Situation in Form eines Videos wird es ermöglicht, die Beobachtung zeitversetzt und wiederholend durchzuführen, wobei jeder Wiederholungsdurchgang unter einem eigenen Fokus stehen kann. So ist es möglich, die Situation detaillierter und bei Verwendung mehrerer Kameras gleichzeitig aus unterschiedlichen Perspektiven zu erfassen als dies beispielsweise in einer teilnehmenden Beobachtung (Kapitel 3.4.3, S. 35 f.) möglich wäre. Damit eignet sich die Videographie insbesondere zur genauen Erfassung von gruppenspezifischen Prozessen oder Interaktionen. (Brückmann & Duit, 2013).

Teilweise wird ein möglicher Einfluss der aufgestellten Kameras auf das Handeln der Akteure als Nachteil in Bezug auf die videographische Datenerfassung angeführt, da dies zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen kann. Studien zeigen jedoch, dass nach kurzer Zeit ein Gewöhnungsprozess einsetzt und die Proband:innen die Kameras zunehmend ausblenden (Fitzgerald et al., 2013).

Zur Auswertung videographisch erhobener Daten können verschiedene Methoden eingesetzt werden. So können beispielsweise strukturierte Auswertungsbögen wie Rating-Skalen zur Erfassung von unter anderem Merkmalsausprägungen oder -häufigkeiten eingesetzt werden (quantitativer Fokus). Daneben aber auch eine Transkription (ausgewählten) Bild- und Ton-Materials in eine schriftliche Form erfolgen, um das Datenmaterial mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Kapitel 3.4.2, S. 33 ff.) analysieren zu können (qualitativer Fokus). (Brückmann & Duit, 2013).

Im Rahmen des Promotionsprojektes wird die Videographie zur Dokumentation der Microteaching Einheiten in Modulphase 2 eingesetzt. Dabei werden durch den Einsatz zweier Kameras sowohl die Lerngruppe (Vollfeldaufnahme) als auch die Lehrenden fokussiert, um so beide Gruppen und vor allem mögliche Interaktionen vollständig zu erfassen. Ein möglicher (verfälschender) Einfluss der Videographie (der aufgestellten Kameras) auf das Verhalten der Akteursgruppen kann für die Probandengruppe als gering eingestuft werden, da die Proband:innen bereits durch vorausgegangene Lehrveranstaltungen (Lehr-/Lern-Labor ELKE im Rahmen des M01-Moduls (Lindfors, 2021)) mit derartigen Situationen vertraut sind, sodass davon auszugehen ist, dass bereits ein Gewöhnungseffekt eingetreten ist und die angehenden Lehrkräfte die Kameras kaum beachten. Das Videomaterial hätte insbesondere hinsichtlich des aktiven Umgangs der

angehenden Lehrkräfte mit ihrem Fachwissen in Lehrsituationen ausgewertet werden können, auf Grund der Fokussierung auf den Designprozess von Modulphase 1 (Kapitel 4.2, S. 53 ff.) wurde eine Auswertung des Datenmaterials jedoch bisher nicht vorgenommen (vgl. Kapitel 4.6, S. 79 ff.).

### **3.4.4 Teilnehmende Beobachtung**

Die Teilnehmende Beobachtung stellt eine Form der wissenschaftlichen Beobachtung dar, bei der der/die Beobachter:in selbst aktiv am beobachteten Geschehen teilnimmt. Der Teilnahmegrad kann dabei unterschiedlich stark ausgeprägt sein: Von der Einnahme einer Randposition mit wenig Interaktion bis hin zur vollständigen Partizipation. Teilnehmende Beobachtungen können unterschiedlich stark (vor-)strukturiert sein, abhängig davon, wie vertraut der/die Beobachter:in bereits mit dem zu beobachtenden Geschehen ist und welche Zielsetzung der Beobachtung zu Grunde liegt bzw. welcher Kenntnisstand in Bezug auf die Zielsetzung bereits vorherrscht. Das Spektrum reicht dabei von der freien (unstrukturierten) Beobachtung bis zum Einsatz vorab ausgearbeiteter, stark strukturierender Beobachtungsbögen. Zur Datenerfassung werden in der aktiven Situation meist stichpunktartige Feldnotizen angefertigt, die im Nachgang zu einem umfassenderen Beobachtungsprotokoll ausformuliert werden. (Schiek, 2024; Schwinghammer, 2018).

Die Teilnehmende Beobachtung ermöglicht das in situ Erfassen (natürlicher) Situationen (wie Handlungen, Kommunikation oder Interaktionen) und eignet sich dabei insbesondere für einen explorativen Zugang zum Forschungsfeld. Vergleichbar zur Videographie besteht auch bei der teilnehmenden Beobachtung die Möglichkeit der Verhaltensänderung der beobachteten Personen durch die Anwesenheit des/der Beobachter:in und damit eines Verfälschens der Ergebnisse. Darüber hinaus wird die teilnehmende Beobachtung durch die selektive Wahrnehmung des/der Beobachter:in eingeschränkt. So kann eine Fokussierung auf einzelne Aspekte und Personen dazu führen, dass andere relevante Ereignisse nicht erfasst werden. (Schiek, 2024; Schwinghammer, 2018).

Auf Grund der Doppelrolle der Dozierenden als Forschende und Lehrende im Lehr-/Lern-Modul können im Rahmen des Forschungsprojektes auch designbezogene Erkenntnisse basierend auf einer teilnehmenden Beobachtung gewonnen werden. So zeigen sich in der Moduldurchführung Herausforderungen, die als Ausgangspunkt für Re-Design-Entscheidungen herangezogen werden können. Nicht strukturierte

teilnehmende Beobachtungen liefern im Rahmen der vorliegenden Arbeit Erkenntnisse für erfahrungsbasierte Anpassungen der Modulkonzeptionen in den ersten Re-Design-Phasen (vgl. Kapitel 4.2.1, S. 53 f. und Kapitel 4.6, S. 79 ff.).

### 3.4.5 Arbeits-/Lernprodukte

Unter Arbeits-/Lernprodukten werden alle im Rahmen des Lehr-/Lern-Moduls durch die teilnehmenden angehenden Lehrkräfte erstellten Arbeitsprodukte zusammengefasst. Dabei handelt es sich vor allem um die im Rahmen von Modulphase 1 erstellten Concept Maps (vgl. Kapitel 4.2, S. 53 ff.) sowie die Planungsentwürfe und Materialien der Microteachings aus Modulphase 2 (vgl. Kapitel 4.5, S. 75 ff.).

Arbeits-/Lernprodukte können als Datenmaterial für die Erfassung beispielsweise des Lernstandes der Proband:innen herangezogen und systematisch ausgewertet werden (Kolbeck, 2019). So liefern unter anderem Novak und Gowin (2012) eine mögliche Methode zur empirischen Analyse von Concept Maps.

In der vorliegenden Arbeit wurde jedoch bewusst darauf verzichtet, die Concept Maps als eigenständiges Erhebungsinstrument zu betrachten. Diese Entscheidung hat sowohl methodische als auch inhaltliche Gründe: So ist es zwingend notwendig, dass alle Proband:innen umfassend mit der Methode des Concept Mappings schon vor der Erstellung der ersten Concept Map im Rahmen des Lehr-/Lern-Moduls vertraut sind, da andernfalls die Gefahr besteht, dass sich eine zunehmende Güte der Concept Maps nicht aus einem inhaltlichen Wissenserwerb und damit aus der Effektivität des Lehr-/Lern-Moduls heraus begründet, sondern aus einer zunehmenden Methodenkompetenz resultiert, wodurch eine vergleichende Auswertung der Concept Maps keine validen Ergebnisse in Bezug auf den Lernstand der Proband:innen liefern würde (Graf, 2013). Insgesamt betont Graf (2013) unter Bezug auf Ruiz-Primo und Shavelson (1996), dass Reliabilität und Validität von Concept Maps als Instrument zur Lernstands bzw. Wissenserfassung bisher nicht ausreichend untersucht wurden. Um der genannten Problematik zu begegnen, wäre beispielsweise ein Kontrollgruppendesign erforderlich (Graf, 2013), welches im Rahmen des Promotionsprojektes auf Grund geringer Gruppengrößen und der spezifischen Vorgehensweise (vgl. Kapitel 4.4, S. 62 ff.) jedoch nicht zielführend realisierbar gewesen wäre. Darüber hinaus wird die Methode des Concept Mappings im Rahmen des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls als Lernmethode bzw. -gegenstand eingesetzt, wobei die einzelnen durch die angehenden Lehrkräfte erstellten Concept Maps unterschiedliche Fokussierungen bzw. Abstraktionsgrade aufweisen

(vgl. Kapitel 4.2, S. 53 ff.). Eine vergleichende Auswertung im Sinne eines Prä-Post-Designs ist somit nicht möglich. Aus diesem Grund werden die angefertigten Concept Maps nur zur Ergänzung bzw. Untermauerung der Aussagen der Studierenden in den Prozessportfolios – im Sinne der Triangulation (Krüger et al., 2013) – eingesetzt (vgl. Kapitel 4.4, S. 62 ff.) und nicht für sich genommen ausgewertet.

## 4 Konzeption und Evaluation des Lehr-/Lern-Moduls

Nachfolgend wird die Konzeption und Evaluation des Lehr-/Lern-Moduls anhand der einzelnen Phasen des Design-Based-Research-Ansatzes vorgestellt. Dazu wird zunächst ein Framing (Kapitel 4.1) der Modulkonzeption vorgenommen, indem das Lehr-/Lern-Modul begründet in der Studienstruktur der Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln im Studienprofil Gymnasium/Gesamtschule verortet wird (Kapitel 4.1.1), bevor anschließend die genaue Ausgangslage auf Basis empirischer Daten (Bewertung der wahrgenommenen Kohärenz der Studienstruktur durch die angehenden Lehrkräfte) erfasst wird (Kapitel 4.1.2), aus der konkrete designbezogene Ziele für die Modulkonzeption abgeleitet werden (Kapitel 4.1.3). Anschließend wird der Designprozess des Lehr-/Lern-Moduls, gegliedert in zwei Modulphasen, vorgestellt (Kapitel 4.2 bis 4.6). Der Fokus liegt dabei insbesondere auf Modulphase 1. Zunächst wird die Grundkonzeption dieser Modulphase dargelegt (Kapitel 4.2.1), bevor – basierend auf im Rahmen der Durchführung gewonnenen empirischen Daten (Artikel 1, Kapitel 4.2.2) – ein Re-Design vorgenommen wird. Das finale Konzept von Modulphase 1 wird in Artikel 2 (Kapitel 4.4) vorgestellt. Als theoriebezogene Ableitung wird darüber hinaus das *Professionsrelevante Fachwissen* – als im Hinblick auf die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähige Transformationsform des universitär erworbenen Fachwissens – empirisch begründet und literaturbasiert konzeptualisiert (Kapitel 4.3). Der Designprozess von Modulphase 2 beschränkt sich auf die Vorstellung der Grundkonzeption (Kapitel 4.5) sowie erste re-designbezogene Ableitungen (Kapitel 4.6).

### 4.1 Framing

In Abgleich mit der übergeordneten Zielsetzung (vgl. Kapitel 3.2, S. 28) soll das Lehr-/Lern-Modul die angehenden Chemielehrkräfte auf universitärer Ebene in ihrem Professionalisierungsprozess unterstützen, indem es zu einer Überwindung wahrgenommener Kohärenzprobleme in den fachbezogenen Professionswissensdomänen führt. Zur bedarfs- und zielgerechten Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls erfolgen zunächst die Festlegung der strukturellen Rahmenbedingungen durch die Verortung des Moduls im Studienverlauf der Chemielehrkräftebildung Gym/Ges an der Universität zu Köln (Kapitel 4.1.1) sowie die Erfassung der konkret vorherrschenden Ausgangslage (Kapitel 4.1.2). Darauf aufbauend werden – unter Bezug auf den in Kapitel 2.6 (S. 19 ff.) dargelegten Kenntnisstand – begründet konzeptionsbezogene Ableitungen (Kapitel 4.1.3) hinsichtlich des Designprozesses getroffen.

#### 4.1.1 Verortung des Lehr-/Lern-Moduls im Studienverlauf

Zum Erreichen der genannten Ziele (Kapitel 3.2, S. 28 ff.) soll ein eigenständiges Lehr-/Lern-Modul im Sinne einer die konzeptuelle Kohärenz fördernden Maßnahme konzipiert und in die gymnasiale Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln integriert werden. Der Fokus auf das Studienprofil Gymnasium/Gesamtschule ergibt sich dabei aus der Studiengangskonzeption dieses Studienprofils. Während die fachinhaltliche Ausbildung im Studienprofil Haupt-/Real-/Gesamtschule im Rahmen eigener Module bzw. Lehrveranstaltungen für dieses Studienprofil erfolgt (Groß & Prewitz, 2024), die eine Fokussierung auf eine vermittlungsbezogene fachinhaltliche Lehre (Professionsorientierung) ermöglichen, erfolgt die fachinhaltliche Ausbildung im Studienprofil Gymnasium/Gesamtschule in den Subdisziplinen Allgemeine Chemie und Anorganische Chemie gemeinsam mit den Ein-Fach-Studierenden (Griesbeck & von der Gönna, 2018), wodurch ein expliziter Bezug zur Lehrperspektive nur selten hergestellt wird (vgl. Kapitel 4.1.2.2, S. 44 ff.). Darüber hinaus ist das Chemielehramtsstudium im Studienprofil Gymnasium/Gesamtschule strukturell deutlich fragmentiert. So besuchen die angehenden Lehrkräfte im Rahmen ihrer fachinhaltlichen Ausbildung Module in den Subdisziplinen Allgemeine Chemie, Anorganische Chemie, Organische Chemie, Physikalische Chemie, Theoretische Chemie (Aufbau der Materie) sowie Analytische Methoden (Methoden der Chemie), die jeweils mit eigenen Inhalten, Schwerpunktsetzungen, Perspektiven sowie auch Modulabschlussprüfungen einhergehen (Griesbeck & von der Gönna, 2018). Die starke strukturelle Fragmentierung sowie der geringe Lehrbezug lassen Herausforderungen in der Transformation des universitär erworbenen Fachwissens in die schulische Lehrpraxis erwarten, was insbesondere hinsichtlich der hohen Bedeutung des universitär erworbenen Fachwissens als legitimierendes und erklärendes Hintergrundwissen für die schulische Lehrtätigkeit (Dreher et al., 2023) als kritisch anzusehen ist.

Da der Fokus des Lehr-/Lern-Moduls unter anderem auf der Überwindung der Fragmentierung des in Subdisziplinen erworbenen Fachwissens liegt, sollte das Modul im Studienplan zeitlich nach den Grundmodulen der fachinhaltlichen Ausbildungsanteile verortet sein. An der Universität zu Köln erfolgt die fachinhaltliche Grundausbildung vollständig im Rahmen des Grundstudiums (Griesbeck & von der Gönna, 2018), so dass sich eine Verortung im anschließenden Aufbaustudium anbietet, da somit die fachinhaltliche Grundausbildung als vollständig abgeschlossen angesehen werden kann. Im Aufbaustudium bietet sich insbesondere eine Integration in das M03-Modul

*Forschungsprojekt Master* an, welches im Studienprofil für die gymnasiale Lehrkräftebildung als letztes Modul im Aufbaustudium vorgesehen ist und in Form eines Wahlpflichtmoduls eine individuelle Vertiefung in Fach oder Fachdidaktik ermöglicht (Lindfors, 2021). Neben fachdisziplinbezogenen Veranstaltungen, in deren Rahmen die partizipierenden angehenden Lehrkräfte Einsicht in aktuelle Forschungsprojekte aus verschiedenen Teilgebieten der Fachwissenschaft Chemie erhalten, ist auch die Wahl eines fachdidaktischen Schwerpunktes möglich (Lindfors, 2021). Während für den fachwissenschaftlichen Schwerpunkt die inhaltliche Ausgestaltung durch die Themen der verschiedenen Forschungsschwerpunkte festgelegt ist, ist im Rahmen des fachdidaktischen Schwerpunktes eine flexible Ausgestaltung des Moduls durch die Dozierenden möglich. Das Modul umfasst 6 Leistungspunkte mit 180 Stunden Workload und teilt sich im fachdidaktischen Schwerpunkt auf drei Veranstaltungen (Seminar, Übung und Praktikum) auf (Lindfors, 2021). Zur Einbettung des Lehr-/Lern-Moduls wurde das Seminar gewählt, welches 30 Stunden (2 SWS) Kontaktzeit sowie eine äquivalente Stundenzahl an Selbststudiumsleistung umfasst (Lindfors, 2021). Dies setzt die zeitliche Rahmung für die Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls: Maximal 15 Sitzungen zu je 90 Minuten zzgl. 30 Stunden Selbststudium.

Durch die Verortung im letzten Semester des Aufbaustudiums bringen die angehenden Lehrkräfte darüber hinaus bereits erste Lehrerfahrungen aus dem Schulkontext mit, die sie im Rahmen des Praxissemesters, welches im 2. Semester des Aufbaustudiums verortet ist (Lindfors, 2021), erworben haben. Gleichzeitig stehen sie unmittelbar vor dem Eintritt in das Referendariat und damit in den praxisbezogenen zweiten Ausbildungsabschnitt. Die Erfahrungen im Rahmen des Praxissemesters ermöglichen den angehenden Lehrkräften eine realistische Einschätzung sowohl der Kohärenz ihrer vorausgegangenen Ausbildung mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit als auch möglicher Wissenslücken, die aus einer mangelnden Kohärenz heraus resultieren können und in der praktischen Lehrtätigkeit zu Tage treten. Mit Blick auf das Referendariat ergeben sich mögliche positive Effekte in Bezug auf die Einschätzung der Relevanz der kohärenzfördernden Lehrveranstaltung.

#### **4.1.2 Vorstudie: Erfassung der Ausgangslage zur bedarfsgerechten Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls**

Zwar lässt sich aus dem dargelegten Forschungsstand zum Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte (Kapitel 2.1.2, S. 8 ff., Kapitel 2.2, S. 11 f. sowie Kapitel 2.3, S. 13 ff.), den positiven Effekten bestehender Ansätze zur Kohärenzsteigerung der Chemielehrkräftebildung an anderen Universitäten (Kapitel 2.6, S. 19 ff.) sowie der Studienstruktur der gymnasialen Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln (Kapitel 4.1.1, S. 40 ff.), ableiten, dass die Implementation eines kohärenzsteigernden Lehr-/Lern-Moduls in die gymnasiale Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln ebenfalls positive Effekte mit Blick auf die Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte erwarten lassen würde, jedoch ist es mit Blick auf eine bedarfsgerechte Ausgestaltung der konkreten Modulkonzeption und den Prinzipien der Design-Based Research folgend notwendig, vorab die konkret vorherrschende Ausgangslage zu erfassen. Zu diesem Zweck wird zunächst die durch die angehenden Lehrkräfte wahrgenommene Kohärenz der Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln erhoben, um besonders zu adressierende Aspekte ableiten zu können.

##### **4.1.2.1 Studiendesign und Methodik**

Die Erhebung erfolgt mittels des von Henning-Kahmann und Hellmann (2019) entwickelten *Fragebogens zur Erfassung der studentischen Kohärenzwahrnehmung im Lehramtsstudium* (Anhang I.I, S. 132 ff.), welcher ein etabliertes Instrument zur differenzierten Erfassung der Teilaspekte der horizontalen und vertikalen Kohärenz des *Freiburger Säulen-Phasen-Modells der Kohärenz in der Lehrerbildung* (Hellmann, 2019) aus Sicht der angehenden Lehrkräfte darstellt. Anhand einer 5-stufigen Likert-Skala wird die Zustimmung der angehenden Lehrkräfte zu kohärenzbezogenen Aussagen in 34 geschlossenen Items erfasst, die eine umfassende Einschätzung der studiumsbezogenen wahrgenommenen Kohärenz ermöglichen (Henning-Kahmann & Hellmann, 2019).

Da es das Ziel des Lehr-/Lern-Moduls ist, zur Kohärenzsteigerung innerhalb der fachbezogenen Professionswissensdomänen beizutragen, wird der Fragebogen dahingehend adaptiert, dass diejenigen Items bei der Datenaufbereitung nicht berücksichtigt werden, die keine Aspekte der Kohärenz innerhalb dieser Bereiche widerspiegeln. Darüber hinaus wird der Fragebogen um vier offene Frageitems ergänzt, die es den angehenden Lehrkräften ermöglichen, ihre Einschätzung der Kohärenzwahrnehmung

schriftlich weiter auszuführen (vgl. Anhang I.I, S. 136). Dies ermöglicht es, die numerischen Daten durch genannte Einflussfaktoren zu kontextualisieren und so einen tiefen Einblick in die Wahrnehmung der angehenden Lehrkräfte zu erhalten. Insgesamt wurde der Fragebogen durch  $N = 50$  angehende Lehrkräfte beantwortet, die alle am Lehr-/Lern-Modul partizipierten. Auf Grund der forschungsmethodischen Rahmung im Design-Based-Research-Ansatz erfolgt die Erhebung der wahrgenommenen Kohärenz zeitlich nicht vor der Modulkonzeption, sondern konzentriert zur Implementation. Der Datensatz umfasst Daten aus fünf Mesozyklen, die von Wintersemester 2021\_22 bis Wintersemester 2023\_24 erhoben wurden.

Die geschlossenen Frageitems werden numerisch deskriptiv-statistisch ausgewertet, die offenen Fragen in Anlehnung an Mayring (2022) zusammengefasst und generalisiert (vgl. Kapitel 3.4.2.2, S. 34). Die leitende Untersuchungsfrage lautet dabei: *Wie bewerten angehende Lehrkräfte die gymnasiale Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln im Hinblick auf die verschiedenen Kohärenzdimensionen und welche kohärenzbezogenen Faktoren nehmen sie konkret wahr?*

Nachfolgend werden die Deskriptivstatistiken präsentiert und durch die generalisierten Aussagen der angehenden Lehrkräfte (für Kategoriensystem siehe Anhang II.I, S. 142 ff.) kontextualisiert.

#### 4.1.2.2 Ergebnisse der Kohärenzwahrnehmung

Wahrgenommene Kohärenz innerhalb der Säulen Fachwissenschaft und Fachdidaktik

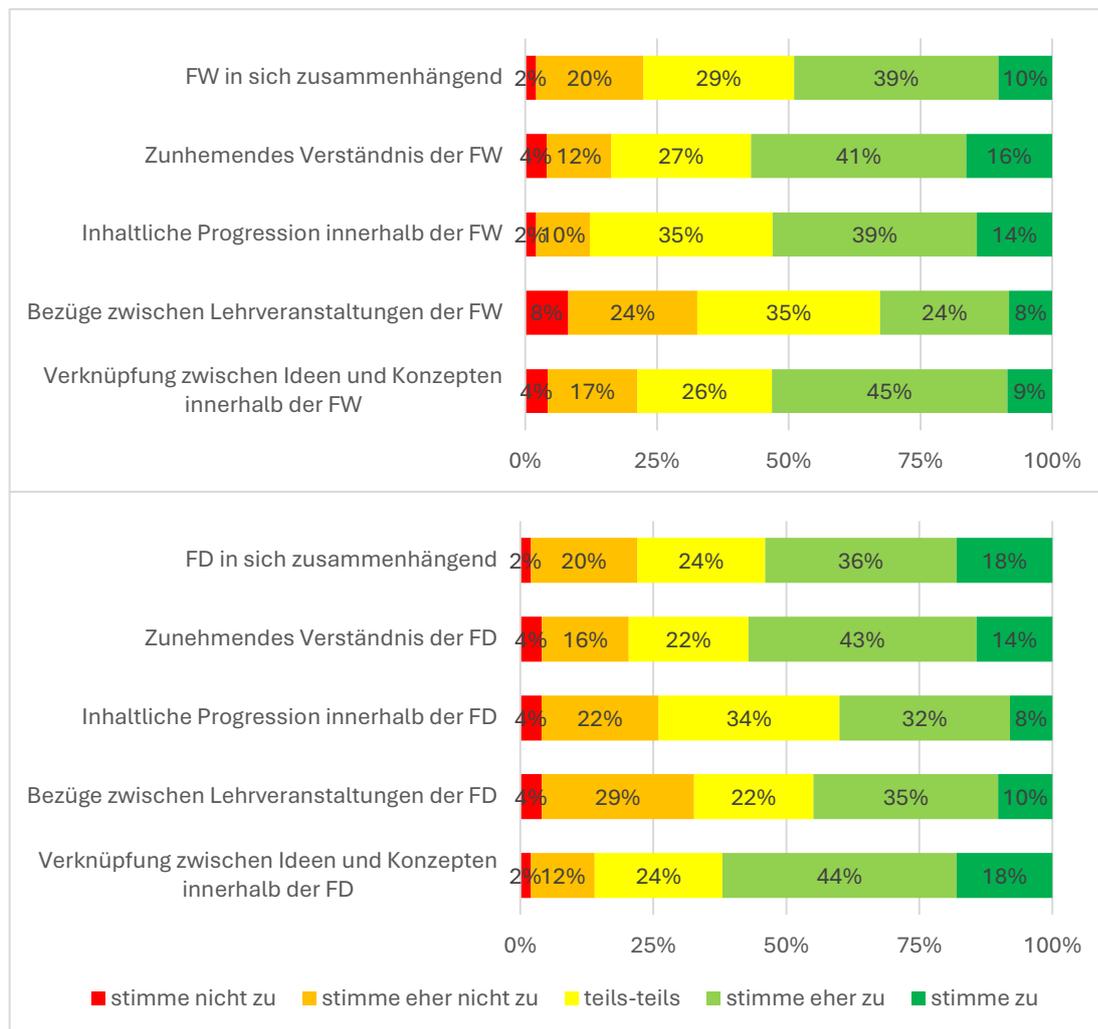


Abbildung 6: Wahrgenommene Kohärenz innerhalb der Säulen Fachwissenschaft (oben) sowie Fachdidaktik (unten) über die Phasen des universitären Ausbildungsabschnitts hinweg ( $N = 50$ ).

Die Kohärenzwahrnehmung der angehenden Lehrkräfte zeigt für die Säulen Fachwissenschaft und Fachdidaktik (Abbildung 6) ein ähnliches Bild: Ungefähr 50 % der angehenden Lehrkräfte bewerten die universitäre Chemielehrkräftebildung in beiden Bereichen als (weitestgehend) in sich zusammenhängend und nehmen Verknüpfungen zwischen Ideen und Konzepten innerhalb beider Disziplinen wahr. So entwickeln sie über den Studienverlauf hinweg ein zunehmendes Verständnis der behandelten Inhalte. Allen drei Aussagen wird von jeweils ca. 20 % der angehenden Lehrkräfte (weitestgehend) widersprochen. Auffallend ist, dass im Gegensatz dazu im Bereich der Fachdidaktik sowohl das Vorliegen einer inhaltlichen Progression (40 % weitestgehende Zustimmung, 26 % weitestgehende Verneinung) als auch die Explikation von Bezügen

zwischen einzelnen Lehrveranstaltungen (45 % weitestgehende Zustimmung, 33 % weitestgehende Verneinung) deutlich kritischer eingeschätzt wird. Im Bereich der Fachwissenschaft wird insbesondere das Herausstellen von Bezügen zwischen Lehrveranstaltungen wenig wahrgenommen (32 % weitestgehende Zustimmung, 32 % weitestgehende Verneinung).

Die Analyse der Freitextantworten (eine tabellarische Übersicht aller Zusammenfassungen findet sich im Anhang II.I, S. 142 ff.) liefert weiterführende Einsichten: So erkennen die angehenden Lehrkräfte zwar eine inhaltliche Progression innerhalb der Fachwissenschaft ( $Z1_{VK\ FW}$ ), was sich mit dem numerischen Ergebnis deckt, jedoch geht diese nach Aussage der angehenden Lehrkräfte nicht (umfassend) mit einer Weiterentwicklung zentraler Konzepte einher ( $Z2_{VK\ FW}$ ). Eine Weiterentwicklung grundlegender Konzepte erfolgt vor allem über Veranstaltungen gleicher Subdisziplinen hinweg (bspw. Basismodul Anorganische Chemie, Wahlpflichtmodul Anorganische Chemie, Mastermodul Anorganische Chemie), die auch als aufeinander aufbauend angesehen werden ( $Z3_{VK\ FW}$ ). Kritisiert wird in Bezug auf aufeinander aufbauende Veranstaltungen jedoch, dass teilweise Inhalte vorausgesetzt werden, die zuvor nicht erlernt wurden, beispielsweise, weil ein abweichendes Wahlpflichtmodul besucht wurde ( $Z4_{VK\ FW}$ ). Ein Bezug zwischen Veranstaltungen verschiedener Subdisziplinen wird demgegenüber kaum gesehen ( $Z5_{VK\ FW}$ ). Vielmehr werden diese als deutlich voneinander getrennt wahrgenommen. So wird nach Ansicht der angehenden Lehrkräfte jedes Semester ein anderer fachwissenschaftlicher Schwerpunkt mit anderen Inhalten gesetzt (u.a. Anorganische, Organische, Physikalische Chemie), was sich durch das Curriculum bestätigen lässt (vgl. Kapitel 4.1.1, S. 40). An vorherige Inhalte wird dabei nur wenig angeknüpft. Diese Aussagen erklären die relativ geringe Wahrnehmung von explizierten Bezügen zwischen verschiedenen Lehrveranstaltungen der Fachwissenschaft. Der ausgeprägteste Bezug wird inhaltlich zur Allgemeinen Chemie gesehen, deren Konzepte in den folgenden Veranstaltungen am umfassendsten wiederaufgegriffen werden ( $Z6_{VK\ FW}$ ).

In Bezug auf die fachdidaktischen Lehrveranstaltungen stellen die angehenden Lehrkräfte heraus, dass diese durch regelmäßige Wiederholungen von Inhalten ( $Z7_{VK\ FD}$ ), teilweise verbunden mit einer Weiterentwicklung und Verknüpfung zu neuen Inhalten ( $Z8_{VK\ FD}$ ) charakterisiert sind. In Bezug auf die regelmäßigen Wiederholungen wird jedoch teilweise eine Redundanz kritisiert ( $Z9_{VK\ FD}$ ). Dies kann als Erklärung für die geringere Einschätzung der inhaltlichen Progression in dieser Disziplin angesehen

werden. Insbesondere Studierende aus den Semestern Wintersemester 2021\_22 und Sommersemester 2022 kritisieren darüber hinaus, dass sich zwischen den Veranstaltungen der Fachdidaktik kein roter Faden erkennen lässt, da Module teilweise einen zu speziellen Fokus auf einzelne Themen (Forschungsthemen der Dozierenden) legen, wodurch sie als voneinander unabhängig und damit nicht kohärent erscheinen (Z10<sub>VK</sub>FD). Dieser Aspekt kann als erklärend für die geringer wahrgenommenen Bezüge zwischen Lehrveranstaltungen der Fachdidaktik angesehen werden.

Insgesamt wird die Kohärenz der Lehre innerhalb der Fachdisziplinen durch die angehenden Lehrkräfte als gut, wenn auch ausbaufähig eingeschätzt. So stimmen jeweils über 75 % der angehenden Lehrkräfte den unterschiedlichen kohärenzbezogenen Testitems zu oder stehen diesen neutral gegenüber. Das Explizieren von Bezügen zwischen Lehrveranstaltungen innerhalb der Disziplinen erfolgt nach Einschätzung der angehenden Lehrkräfte jedoch selten.

#### Wahrgenommene horizontale Kohärenz zwischen den Säulen Fachwissenschaft und Fachdidaktik

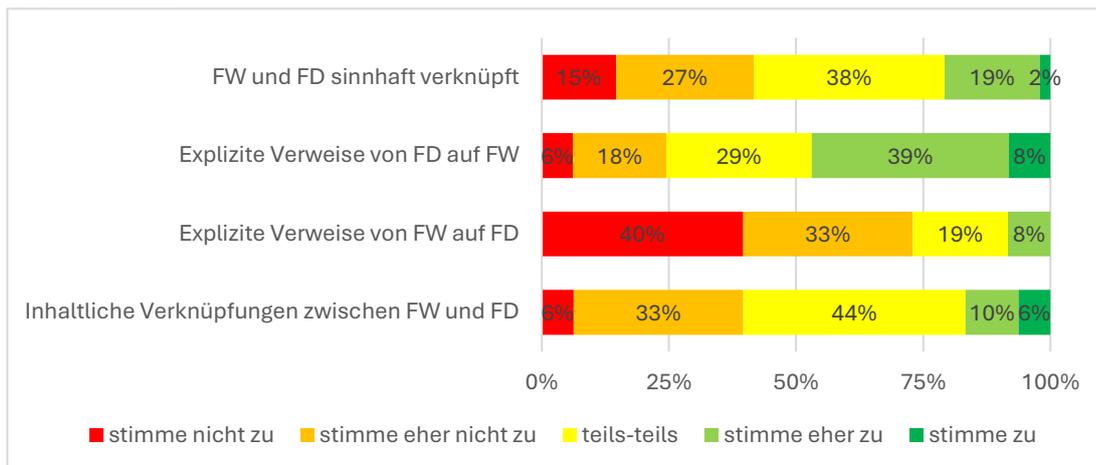


Abbildung 7: Wahrgenommene horizontale Kohärenz zwischen den Säulen Fachwissenschaft und Fachdidaktik ( $N = 50$ ).

Die horizontale Kohärenz zwischen den Säulen Fachwissenschaft und Fachdidaktik (Abbildung 7) wird durch die angehenden Lehrkräfte deutlich schlechter eingeschätzt. So sehen 42 % der angehenden Lehrkräfte beide Ausbildungsbereiche als nicht bzw. wenig sinnhaft miteinander verknüpft an. Nur 16 % schätzen die inhaltlichen Verknüpfungen zwischen beiden Säulen als positiv ein. 39 % sehen diese gar nicht oder kaum. In Bezug auf explizite Verweise zwischen beiden Disziplinen, wird die Fachdidaktik jedoch bereits als überwiegend gut eingeschätzt. 47 % der angehenden Lehrkräfte sehen explizite Verweise von Dozierenden der Fachdidaktik auf fachwissenschaftliche Inhalte. Demgegenüber sehen 73 % der angehenden Lehrkräfte einen Verweis auf

fachdidaktische Themen durch Akteure der Fachwissenschaft jedoch gar nicht oder kaum.

Auch in Bezug auf die horizontale Kohärenz liefern die Antworten der angehenden Lehrkräfte auf die Freitextfragen einen tieferen Einblick. So bestätigen diese nicht nur, dass die Dozierenden der Fachwissenschaft kaum einen expliziten Bezug zu fachdidaktischen Aspekten herstellen (Z11<sub>hK FWF</sub>), die angehenden Lehrkräfte berichten teilweise sogar von einer wahrgenommenen Abneigung der Fachwissenschaftsdozierenden gegen die Fachdidaktik sowie das Lehramtsstudium (Z12<sub>hK FWF</sub>). Demgegenüber werden fachwissenschaftliche Dozierende mit einem Lehramtshintergrund als positives Gegenbeispiel herausgestellt (Z13<sub>hK FWF</sub>). Die fachdidaktische Lehre wird demgegenüber zwar als beziehungnehmend zu fachwissenschaftlichen Themen wahrgenommen (Z14<sub>hK FDFW</sub>), was sich mit dem numerischen Ergebnis deckt, jedoch ist dies in den Augen der angehenden Lehrkräfte auch unumgänglich und folgt unmittelbar aus der Fachkultur (im Sinne von: „ohne Fachinhalt keine Fachdidaktik“). Als Kritikpunkt wird angeführt, dass lediglich Fachinhalte aufgegriffen werden, die dem Schulwissen zuzuordnen sind, tiefergehende Fachinhalte, wie sie im Rahmen der fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen behandelt werden, jedoch nicht (Z15<sub>hK FDFW</sub>).

#### Kohärenz zwischen Theorie und Praxis

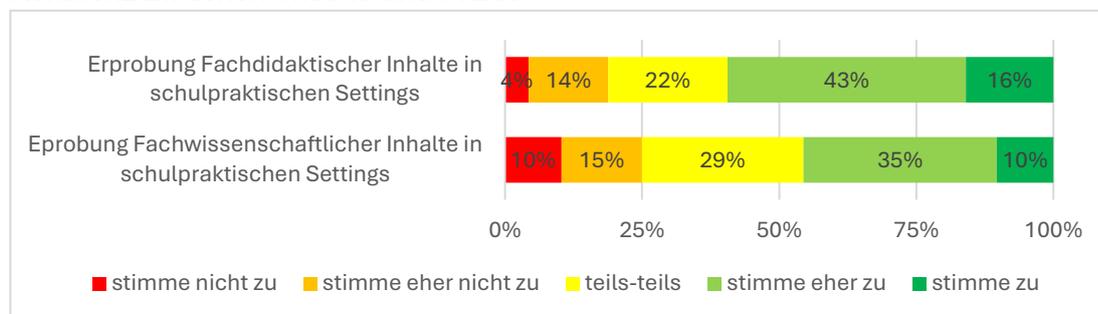


Abbildung 8: Wahrgenommene Kohärenz zwischen Theorie und Praxis ( $N = 50$ ).

Die Kohärenz zwischen (schul-)praktischer Erprobung und theoretischem Wissenserwerb (Abbildung 8) wird von den angehenden Lehrkräften im Bereich der Fachwissenschaft als überwiegend positiv eingeschätzt. 45 % der angehenden Lehrkräfte stimmen der Aussage (weitestgehend) zu, dass theoretisch erlernte Inhalte im Rahmen schulpraktischer Settings erprobt werden können. 25 % widersprechen dieser Aussage (weitestgehend). In Bezug auf die Fachdidaktik ist die Einschätzung noch positiver. Hier stimmen 59 % der Aussage (weitestgehend) zu und 18 % stimmen (weitestgehend) nicht zu.

Aus den Antworten auf die offenen Fragen lässt sich in Bezug auf die Praxiswahrnehmung eine weiterführende Erkenntnis ableiten: Die angehenden Lehrkräfte differenzieren den fachwissenschaftlichen Theorie-Praxis-Bezug in zwei Ebenen. Zum einen nennen sie die Laborpraktika, die die Fachinhaltsvermittlung begleiten und eine praktische Anwendung des theoretisch erlernten, tiefgehenden (universitären) Fachwissens ermöglichen (Z16<sub>TP FW</sub>). Diese stellen zwar keinen direkten Schulbezug her, was einige Studierende kritisch anmerken (Z17<sub>TP FW</sub>), ermöglichen aber eine laborpraktische Anwendung der erlernten Theorie, was von den angehenden Lehrkräften als positiv angesehen wird. Zum anderen heben sie die Lehr- bzw. Schulpraktika (Einführungs- und Orientierungspraktikum (EOP), Berufsfeldpraktikum (BFP) und das Praxissemester) hervor, in denen die angehenden Lehrkräfte unter anderem schulbezogene Lehrerfahrung in der Vermittlung von Fachinhalten sammeln können, die aber keine direkte praktische Anwendung des universitären Fachwissens darstellen. Eine direkte Anwendung von theoretisch (und laborpraktisch) erlernten Fachinhalten in schulpraktischen Settings erfolgt somit nicht, was die angehenden Lehrkräfte bemängeln (Z18<sub>TP (FW)FD</sub>). Im Bereich der Fachdidaktik wird der Praxisbezug demgegenüber mit schulpraktischer Lehrtätigkeit gleichgesetzt und somit weitestgehend auf die Schulpraxisanteile reduziert (Z18<sub>TP (FW)FD</sub>). Auf Grund der frühen Verortung im Studium wird in diesem Zusammenhang das EOP als wenig zielführend angesehen, da bis dato kaum didaktisches Wissen erlernt wurde, welches praktisch angewendet werden könnte (Z19<sub>TP FD</sub>). Das Praxissemester wird demgegenüber als positiv mit Blick auf die praktische Anwendung fachdidaktischen (unterrichtsbezogenen) Wissens angesehen (Z20<sub>TP FD</sub>). Negativ wird jedoch die Forschungsperspektive des Praxissemesters bewertet (Z21<sub>TP FD</sub>), obwohl sie ebenfalls eine praktische Anwendung theoretisch erlernten, fachdidaktischen (empirischen) Wissens darstellt. Dies untermauert die zuvor genannte Gleichsetzung der fachdidaktischen Praxis mit schulbezogener Lehrtätigkeit. Neben den Schulpraxisphasen wird auch das Lehr-/Lern-Labor ELKE als positive Praxiserfahrung hervorgehoben (Z22<sub>TP FD</sub>), im Rahmen dessen die angehenden Lehrkräfte in einem Schonraum erste Erfahrungen im aktiven Umgang mit Schüler:innen sammeln können (Groß & Schumacher, 2018). Auffällig ist, dass simulative, Praxisbezug herstellende Methodiken wie beispielsweise Microteachings im Rahmen der fachdidaktischen Veranstaltungen nur von einer Person (HCPO) genannt werden, welche das Pendant zu den Laborpraktika der Fachwissenschaft darstellen würden.

## Generalisierende professionsbezogene Aspekte

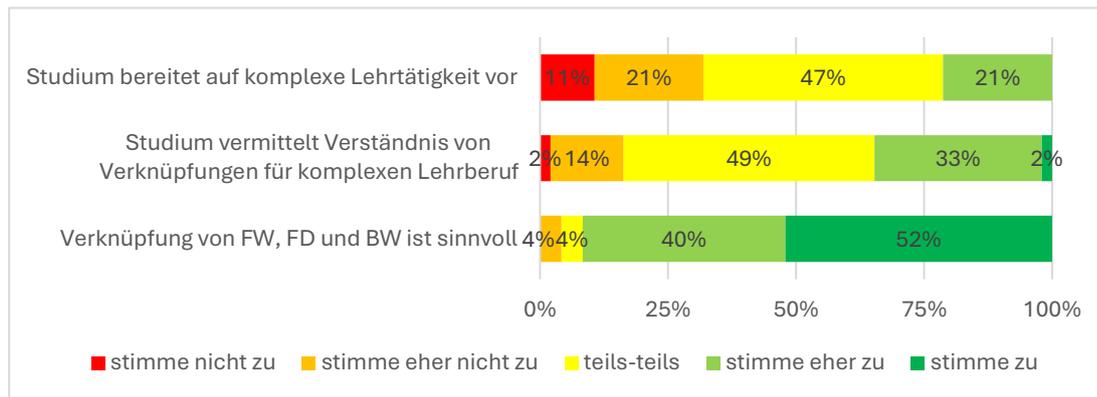


Abbildung 9: Einschätzung der angehenden Lehrkräfte zu generalisierenden professionsbezogenen Aspekten der Kohärenz (N = 50).

Mit Blick auf generalisierende professionsbezogene Aspekte der Kohärenz zeigt sich ein kritisches Bild. So stimmen lediglich 21 % der angehenden Lehrkräfte der Aussage eher zu, das Studium würde sie auf die komplexe Lehrtätigkeit vorbereiten, ebenso stimmen 21 % dieser Aussage eher nicht zu. Eine vollständige Zustimmung liegt gar nicht vor, jedoch stimmen 11 % der Aussage gar nicht zu. 47 % formulieren eine teilweise Zustimmung. 35 % der angehenden Lehrkräfte geben an, weitestgehend ein Verständnis dafür entwickelt zu haben, wie die Verknüpfungen des professionsbezogenen Wissens über die Domänengrenzen hinaus (und damit der eigentliche Professionalisierungsprozess) den komplexen Lehrberuf kennzeichnen. 49 % stimmen dem nur teilweise zu, 16 % weitestgehend gar nicht. Trotz allem geben 92 % der angehenden Lehrkräfte an, dass sie die Verknüpfung der Wissensdomänen als sinnvoll erachten.

Mit Blick auf die einzelnen Kohärenzkategorien lassen sich aus den offenen Fragen konkrete Wünsche der angehenden Lehrkräfte hinsichtlich möglicher Verbesserungsaspekte des Chemielehramtsstudiums ableiten: So wird insbesondere die Stärkung des Theorie-Praxis-Bezugs – beispielsweise durch den Ausbau von Praxisphasen im Bachelorstudium – als Verbesserungsmöglichkeit gesehen (Z23<sub>W TP</sub>). Der hohe Stellenwert eines starken Schulpraxisbezugs lässt sich in Forderungen nach dualen Ausbildungsmodellen erkennen, die ebenfalls einzelne Studierende anführen (Z26<sub>W TP</sub>). Darüber hinaus wird im Sinne der vertikalen Kohärenzsteigerung ein stärkerer Schulbezug – insbesondere in der fachwissenschaftlichen Lehre – gefordert (Z24<sub>W vK</sub>). Konkret wird die Forderung nach lehramtspezifischen fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen gestellt (aktuell erfolgt die Fachlehre teils zusammen mit den Ein-Fach-Studierenden), um so die Lehrperspektive explizit thematisieren zu können. Im Sinne der

horizontalen Kohärenzsteigerung wird eine stärkere Verknüpfung von fachdidaktischem Wissen und Fachwissen gefordert (Z25<sub>W hK</sub>).

#### 4.1.2.3 Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse zur Kohärenzwahrnehmung der angehenden Lehrkräfte liefern einen umfassenden Einblick in die vorherrschende kohärenzbezogene Situation der gymnasialen Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln und ermöglichen somit eine Bedarfsermittlung hinsichtlich der Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls.

In Bezug auf die Kohärenz der fachwissenschaftlichen Ausbildungsteile zeigt die Einschätzung der angehenden Lehrkräfte, dass die fachinhaltliche Lehre im Chemie-Lehramtsstudium Gym/Ges an der Universität zu Köln durch eine Fragmentierung in einzelne Subdisziplinen gekennzeichnet ist. So werden jeweils subdisziplinspezifische Inhalte (mangelnde inhaltliche Kohärenz (Hellmann, 2019)) in eigenständigen Modulen (mangelnde strukturelle Kohärenz (Hellmann, 2019)), die mit jeweils eigenen Prüfungen schließen, durch eigene Dozierende (mangelnde personale Kohärenz (Hellmann, 2019)) vermittelt. Ein inhaltlicher Bezug zwischen den Subdisziplinen liegt nach Einschätzung der angehenden Lehrkräfte wenig bis gar nicht vor und auch zentrale Konzepte werden kaum wiederaufgegriffen und weiterentwickelt (mangelnde inhaltliche Kohärenz (Hellmann, 2019)). Diese Wahrnehmung deckt sich mit dem dargestellten Kenntnisstand (Kapitel 2.4, S. 15 ff. und Kapitel 2.6, S. 19 ff.). Mit Blick auf den Professionalisierungsprozess in der Domäne Fachwissen ist somit anzunehmen, dass das Studium zu einem innerhalb von Subdisziplingrenzen fragmentierten (Fakten-)Wissen führt und nicht zum Ausbau eines umfassenden Wissensnetzes, wie es für die spätere Lehrtätigkeit benötigt wird (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.), beiträgt. Eine eigenständige Wissensvernetzung durch die angehenden Lehrkräfte selbst kann ebenfalls nicht vorausgesetzt werden (Hellmann, 2019; Kunina-Habenicht et al., 2013). **Innerhalb der Domäne Fachwissen sollte das Lehr-/Lern-Modul somit zu einem Aufbrechen der Subdisziplingrenzen (Defragmentierung) führen und die subdisziplinübergreifende Vernetzung des fachinhaltlichen Wissens fördern.**

Darüber hinaus beschreiben die angehenden Lehrkräfte einen fachinhaltlichen Bruch zwischen dem im Rahmen fachwissenschaftlicher Lehrveranstaltungen erlernten Fachwissen (Universitäres Fachwissen – Kapitel 2.1.1, S. 4) und dem mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit anwendbaren Fachwissen ((vertieftes) Schulwissen – Kapitel 2.1.1, S. 4), an welches auch im Rahmen fachdidaktischer Lehrveranstaltungen

angeknüpft wird. Tiefergehende Fachwissensinhalte werden kaum mit der Lehr- bzw. Schulperspektive verknüpft oder fachdidaktisch aufbereitet (fehlende Professionsorientierung). Die mangelnde horizontale Kohärenz zwischen Fachwissenschaft und Fachdidaktik sowie die mangelnde vertikale Kohärenz zwischen Studium und Schulpraxis fördern somit die Segmentierung der Fachwissensinhalte in zwei vermeintlich disjunkte Bereiche (Schulwissen und universitäres Fachwissen), zwischen denen die angehenden Lehrkräfte kaum (lehrbezogene) Bezüge sehen. Diese Diskontinuität ist ebenfalls bereits bekannt (vgl. Kapitel 2.4, S. 15 ff.) und kann dazu beitragen, dass das universitär erworbene Fachwissen zu einem trägen Wissen (Renkl, 1996) wird. **Dem soll durch das Lehr-/Lern-Modul ebenfalls entgegengewirkt werden, indem die universitär erworbenen Fachinhalte mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit transformiert werden, um das tiefergehende fachinhaltliche Wissen als Legitimierungs- und Erklärungswissen für die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähig zu machen und so die Verbindungen zwischen Schulwissen und universitärem Fachwissen herauszustellen bzw. zu betonen. Darüber hinaus soll das transformierte Fachwissen auch in Lehrsituationen zur Anwendung kommen, um so den Theorie-Lehrpraxis-Bezug zu stärken,** welcher von den angehenden Lehrkräften insbesondere in der Fachwissenschaft als ausbaufähig eingeschätzt wird.

Insgesamt soll das Lehr-/Lern-Modul so möglichst viele Erwartungen der angehenden Lehrkräfte hinsichtlich der Verbesserung der Kohärenz der Lehrkräftebildung auf universitärer Ebene im Rahmen einer die konzeptuelle Kohärenz fördernden Maßnahme aufgreifen: Stärkung des Theorie-Praxis-Bezugs, Aufbereitung des universitären Fachwissens mit Schulbezug, lehrspezifischer Blick auf das Fachwissen, stärkere Verknüpfung der Säulen Fachwissenschaft und Fachdidaktik. So soll dazu beigetragen werden, den Übergang von der theorieorientierten universitären Lehrkräftebildung in die schulische Lehrpraxis zu erleichtern und die angehenden Lehrkräfte so in ihrem Professionalisierungsprozess zu unterstützen.

#### **4.1.3 Konzeptionsbezogene Ableitungen – Zielsetzungen**

Aufbauend auf den oben genannten Erkenntnissen in Bezug auf die wahrgenommenen kohärenzbezogenen Herausforderungen im Lehramtsstudium Chemie Gym/Ges an der Universität zu Köln, lassen sich für die Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls vier zentrale Zielsetzungen formulieren. Das Lehr-/Lern-Modul soll:

1. Die angehenden Lehrkräfte in der horizontalen Vernetzung ihres universitär erworbenen Fachwissens über die Subdisziplinengrenzen hinaus unterstützen.
2. Das universitär erworbene Fachwissen mit Blick auf die Anforderungen der schulischen Lehrtätigkeit transformieren, um dieses so für den Schulkontext anknüpfungsfähig zu machen.
3. Das vernetzte und transformierte Fachwissen in realen Lehrsituationen zur Anwendung bringen.
4. Zum Aufbau eines Metawissens beitragen, welches die angehenden Lehrkräfte die Bedeutung der Transformation universitär erworbenen Wissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit in Bezug auf ihre persönliche Professionalisierung erkennen lässt und sie gleichzeitig ermächtigt, diese eigenständig auf weitere Fachinhalte auszudehnen.

Die genannten Ziele lassen sich den abgestuften Professionswissensebenen im RCM (Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.) zuordnen. So beziehen sich die ersten zwei Facetten auf die Ebene des pPCK. Durch die Restrukturierung bzw. Vernetzung und Transformation des universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit soll das universitär erworbene Fachwissen für die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähig gemacht werden, was zum Ausbau der fachwissensbezogenen persönlichen Professionswissensbasis (pPCK) führt. Die dritte Zielsetzung fokussiert den Übertrag des so transformierten Fachwissens in die aktive Lehrtätigkeit, also den Übergang vom pPCK zum ePCK. Nur wenn die angehenden Lehrkräfte in der Lage sind, das transformierte Fachwissen auch in den Prozess der Planung, Durchführung und Reflexion des Unterrichts einzubeziehen, leistet es einen Beitrag zur Professionswissensbasis der Lehrkraft. Andernfalls bleibt es ein träges Wissen (Renkl, 1996).

Das vierte Ziel adressiert schließlich die Metaebene. Da es im Rahmen des Lehr-/Lern-Moduls nur möglich sein wird, die Wissenstransformation an exemplarischen Fachinhalten zu vollziehen, ist es notwendig, dass die angehenden Lehrkräfte den Prozess der Wissenstransformation verinnerlichen und die Bedeutung dieses Prozesses mit Blick auf ihre Professionalisierung wahrnehmen, um diesen eigenständig auf weitere Fachinhalte ausdehnen zu können. Nur so wird es möglich, die Phasen der universitären Lehrkräftebildung und der schulischen Lehrpraxis in Bezug auf den Wissenstransfer kohärent zu verbinden.

Aus der Zuordnung der Ziele zu den Professionswissensebenen im RCM wird deutlich, dass das Adressieren von Zielsetzung 3, die erfolgreiche Transformation des

universitären Fachwissens und damit das Erreichen der Zielsetzungen 1 und 2 voraussetzt. Aus diesem Grund werden die Ziele in zwei aufeinander folgenden Phasen des Lehr-/Lern-Moduls adressiert: Modulphase 1 widmet sich dabei der Fachwissenstransformation und Modulphase 2 dem Transfer des transformierten Wissens in den aktiven Lehrprozess (für eine Übersicht beider Modulphasen siehe Kapitel 5, S. 82 ff.).

## **4.2 Design Modulphase 1**

Wie zuvor beschrieben soll mit Modulphase 1 das Ziel verfolgt werden, das universitär erworbene Fachwissen über die Subdisziplingrenzen hinaus zu vernetzen (Defragmentierung) und mit Blick auf die Schulwissensstruktur zu transformieren, um dieses für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähig zu machen (Überwindung der wahrgenommenen Diskontinuität) und die angehenden Lehrkräfte so im Aufbau einer umfassenden pPCK-Wissensbasis zu unterstützen. Gleichzeitig sollen sich die angehenden Lehrkräfte der Bedeutung einer derartigen Wissenstransformation für ihren Professionalisierungsprozess bewusstwerden und erlernen, wie sie diese eigenständig fortführen können. Auf Grund der positiven Ergebnisse von Lorentzen (2020) und Birkenstock (2025) (Kapitel 2.6, S. 19 ff.) erscheint der Einsatz von Concept Maps als Instrument zur Wissensvernetzung bzw. -strukturierung in diesem Zusammenhang als sinnvoll. Aus diesem Grund wird das Concept Mapping auch im Rahmen von Modulphase 1 als zentrale Methode zur Fachwissenstransformation eingesetzt. Um die Aspekte des Metawissens (Zielsetzung 4) zu adressieren und das Bewusstsein für den eigenen Wissensstand zu stärken, wird das spezifische Vorgehen durch eine geleitete Reflexion mittels Prozessportfolios begleitet.

In den nachfolgenden Kapiteln werden zunächst das theoriegeleitet entwickelte Grunddesign von Modulphase 1 sowie die ersten erfahrungsbasierten Anpassungen nach Mesozyklus 1 vorgestellt, bevor die Ergebnisse der empirischen Analyse von Modulphase 1 dargelegt werden, aus denen sich sowohl forschungsbezogene Ableitungen als auch ein empirisch begründetes Re-Design von Modulphase 1 ergeben.

### **4.2.1 Grundkonzeption und erste erfahrungsbasierte Anpassungen von Modulphase 1**

Als Kernelement zur Wissensreaktivierung und -transformation wird in Modulphase 1 die Methode des Concept Mappings eingesetzt. Wie Lorentzen (2020) und Birkenstock (2025) für den Fachbericht Chemie zeigen konnten, eignen sich Concept Maps gut zur

Defragmentierung des Fachwissens sowie zur Inbezugsetzung der universitär erworbenen Fachwissensinhalte und der Schulwissensinhalte.<sup>4</sup>

Bei der Grundkonzeption von Modulphase 1 (vgl. Anhang III.I, S. 151) wurde sich noch stark an dem Vorgehen von Lorentzen (2020) (vgl. Kapitel 2.6.2, S. 21 ff.) orientiert. So sollten die angehenden Lehrkräfte ebenfalls die Bezüge zwischen universitären und schulischen Fachwissensinhalten in Form von Concept Maps darlegen. Auf Grund der Transformationsrichtung vom universitär erworbenen Fachwissen zu einem schulbezogenen Lehrwissen wurde sich jedoch dazu entschieden, von den Schulwissensstrukturen auszugehen und diese um das tiefere universitäre Fachwissen zu erweitern, also gegensätzlich zu Lorentzen (2020) vorzugehen. Aus diesem Grund wurden die vorgegebenen Schlüsselbegriffe nicht den Wissensinhalten einzelner Subdisziplinen des Fachbereichs Chemie entnommen, sondern entstammten konkreten schulbezogenen Themenfeldern, ergänzt um die Aspekte des tieferen universitär erworbenen Erklärungswissens (vgl. Anhang IV.III, S. 169 ff.). Da das chemische Fachwissen auf der Schulwissensebene subdisziplinübergreifend durch Inhaltsfelder und Basiskonzepte strukturiert ist, die nicht den universitären Subdisziplinen entsprechen (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.), sollte dieses Vorgehen dazu führen, dass auch Fachinhalte verschiedener Subdisziplinen zueinander in Bezug gesetzt werden, was ein Aufbrechen von Subdisziplinengrenzen erfordert und so der wahrgenommenen Fragmentierung des Fachwissens entgegenwirkt. Für den ersten Mesozyklus wurden die schulbezogenen Themenfelder *Salze und Ionen, Säuren und Basen, RedOX- und Elektrochemie* sowie *Lösungsmittel und Trennverfahren* gewählt, die nah an den Inhaltsfeldern der Kernlehrpläne für die Sekundarstufen I und II für Gymnasien und Gesamtschulen orientiert sind (Ministerium für Schule und Bildung NRW [MSB NRW], 2019, 2022). Die angehenden Lehrkräfte erhielten die Aufgabe, jeweils zu einem der Themenfelder eine Concept Map zu erstellen, die die Schulwissensinhalte vernetzt darlegt und mit den tieferen universitären Fachwissensinhalten, die zu dem entsprechenden Themenfeld passen, zu verknüpfen. Auf Grund der Verortung des Lehr-/Lern-Moduls im Aufbaustudium wurde davon ausgegangen, dass ein umfassendes fachinhaltliches Vorwissen bei den angehenden Lehrkräften bereits durch das

---

<sup>4</sup> Weitere umfassende empirische Befunde zum Einsatz von Concept Maps als Methode zur strukturierter Wissensdarstellung und -vernetzung sowie zum Einsatz von Prozessportfolios als strukturiertes Reflexionsinstrument finden sich in Kapitel 4.4, S. 96 ff.

Grundstudium ausgebildet wurde (vgl. Kapitel 4.1.1, S. 40 ff.) und somit unmittelbar mit der Anfertigung der vernetzenden Concept Maps begonnen werden kann.

Damit sich die angehenden Lehrkräfte ihres eigenen Wissensstandes sowie des Lernprozesses im Zuge des Concept Mappings (u.a. Herausforderungen, Entwicklungen) bewusstwerden und so ein Metawissen über den Vernetzungsprozess (u.a. Nutzen, Vorgehen) entwickeln, wird ein starker Fokus auf die Metareflexion des eigenen Handelns und die Entwicklung des persönlichen fachinhaltlichen Wissens gelegt, indem der Arbeitsprozess durch das Führen von Prozessportfolios (Kapitel 3.4.1.2, S. 32 f.), in denen die angehenden Lehrkräfte ihre Reflexionen anhand von spezifischen Prompts verschriftlichen, begleitet wird (vgl. Kapitel 4.4, S. 62 ff. sowie Anhang I.III, S. 138 f.).

In der praktischen Durchführung (teilnehmende Beobachtung, Kapitel 3.4.4, S. 36 f.) zeigte sich, dass die gewählten Themenfelder zu spezifisch und hinsichtlich des zugehörigen Wissensumfangs zu unterschiedlich waren. Dies führte zu sehr unterschiedlichen Bearbeitungszeiten und einer unterschiedlich intensiven Auseinandersetzung mit den Inhalten. In der Weiterentwicklung der Modulkonzeption wurden diese somit zunächst zu den Themenfeldern *Säure-Base-Chemie* (Protonenübertragungsreaktionen), *RedOx-Chemie* (Elektronenübertragungsreaktionen), *Organische Chemie* (Gruppenübertragungsreaktionen) (Mesozyklus 2) zusammengefasst, bevor sich schließlich auf die beiden Themenfelder *Säure-Base-Chemie* und *RedOx-Chemie* (Mesozyklus 3) fokussiert wurde, da das Themenfeld der *Organischen Chemie* im Rahmen von Modulphase 2 erneut aufgegriffen wird (vgl. Kapitel 4.5, S. 75 ff.). Darüber hinaus zeigte sich deutlich, dass das unmittelbare Anfertigen einer umfassenden Concept Map, in der universitäre und schulische Fachwissensinhalte tiefgehend vernetzt sind, die angehenden Lehrkräfte vor eine große Herausforderung stellt (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.). Aus diesem Grund wurde beginnend mit Mesozyklus 2 ein iteratives Concept Mapping Verfahren entwickelt, welches gezielt an die Bedarfe der angehenden Lehrkräfte angepasst ist, um diese bestmöglich in der Wissenstransformation zu unterstützen (vgl. Kapitel 4.4, S. 62 ff.). Zur konkreten Bedarfsermittlung wurden im Zuge eines Re-Framings die konkreten Herausforderungen der angehenden Lehrkräfte im Prozess der Wissenstransformation basierend auf den Selbstreflexionen in den Prozessportfolios erfasst und kategorisiert. Das spezifische Vorgehen sowie die Ergebnisse der Analyse sind im nachfolgenden Artikel dargelegt.

#### 4.2.2 Empirische Analyse von Modulphase 1 – Artikel 1: The Importance of a Horizontal Interlinking Dimension in Content Knowledge for Chemistry Teacher Education

Ausgehend von den zuvor geschilderten Erkenntnissen aus der teilnehmenden Beobachtung des ersten Mesozyklus, wird sich im Rahmen des nachfolgenden Artikels systematisch der Frage genähert, worin konkret die Herausforderungen der angehenden Lehrkräfte im Vernetzungsprozess ihres universitär erworbenen Fachwissens anhand schulbezogener Themenfelder liegen. Dazu wird zunächst ein Vergleich der Schulwissens- und universitären Fachwissensinhalte des Fachbereichs Chemie basierend auf den zu Grunde liegenden curricularen Vorgaben vorgenommen, um der Frage nachzugehen, inwiefern sich beide als disjunkt wahrgenommenen Wissensbereiche (vgl. Kapitel 4.1.2.2, S. 44 ff.) tatsächlich inhaltlich voneinander unterscheiden und ob damit eine Differenzierung von Schulwissen und universitärem Fachwissen, verbunden mit der Notwendigkeit der Einführung eines verbindenden Transferwissens, notwendig ist. Anschließend werden die angefertigten Prozessportfolios hinsichtlich der Untersuchungsfrage *Welche Herausforderungen nehmen angehende Chemielehrkräfte im Prozess der horizontalen (Re-)Strukturierung und Vernetzung ihres Fachwissens mittels Concept Maps wahr?* ausgewertet (Codierleitfaden in Anhang II.II, S. 146), um die auftretenden Herausforderungen zu kategorisieren, auf spezifische Ursachen zurückzuführen und damit Erkenntnisse hinsichtlich eines Re-Designs von Modulphase 1 zur gezielten Adressierung der Probleme abzuleiten. Aus den gewonnenen Erkenntnissen ergibt sich schließlich auch eine theoriebezogene Ableitung. So kann aufbauend auf den Ergebnissen der Studie begründet dargelegt werden, dass insbesondere eine horizontale Transformation des universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit bzw. die Schulwissensstrukturen eine notwendige Voraussetzung für einen gelungenen Fachwissenstransfer von der universitären Lehrkräftebildung in die schulische Lehrpraxis darstellt und somit eine horizontale Defragmentierung innerhalb der Domäne Fachwissen im Fachbereich Chemie auch zur Überwindung der wahrgenommenen vertikalen Diskontinuität beiträgt. Dies führt schließlich zur Konzeptualisierung des *Professionsrelevanten Fachwissens* als Aufbereitungsform des universitär erworbenen Fachwissens um dieses für die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähig zu machen (siehe auch Kapitel 4.3, S. 59 ff.).

Aus publikationsrechtlichen Gründen ist der Artikel nicht in diese Veröffentlichung integriert. Er ist abrufbar unter: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01017>

Die Probleme der angehenden Lehrkräfte im Prozess der Vernetzung der Fachwissensinhalte über die Subdisziplinengrenzen hinaus, verdeutlichen, dass die Fragmentierung der fachinhaltlichen Ausbildung nicht bloß ein strukturelles Kohärenzproblem darstellt, sondern auch zu einer Wissensfragmentierung des fachinhaltlichen Wissens der angehenden Lehrkräfte führt. Ebenso zeigen die Ergebnisse, dass auch eine durch die angehenden Lehrkräfte selbst verantwortete, eigenständige Fachinhaltsvernetzung über die Subdisziplinengrenzen hinaus im Verlaufe der universitären Lehrkräftebildung nicht erfolgt, was sich mit der Einschätzung von Hellmann (2019) sowie Kunina-Habenicht et al. (2013) deckt, sondern diese durch die Dozierenden expliziert bzw. initiiert werden sollte/muss. Auf Grund der zentralen Rolle des Fachwissens im Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte (vgl. Kapitel 2.5, S. 17 ff.) ist dieses Ergebnis als alarmierend anzusehen, da davon auszugehen ist, dass die fachinhaltlichen Professionswissenslücken den Professionalisierungsprozess insgesamt negativ beeinflussen, vor allem, da der universitären Lehrkräftebildung die fachinhaltliche Grundausbildung der (angehenden) Lehrkräfte zukommt (vgl. Kapitel 2.2, S. 11 ff.). Somit bedingt die starke Fragmentierung in der Säule Fachwissenschaft und damit der Domäne Fachwissen, dass die universitäre Lehrkräftebildung ihrem Ziel, der Schaffung einer umfassenden, professionsbezogenen Wissensbasis (pPCK), nicht umfänglich gerecht werden kann. Dies zeigt die Notwendigkeit, die Fachinhaltsvermittlung kohärenter zu gestalten, bzw. die subdisziplinübergreifende, fachinhaltliche Wissensvernetzung gezielt zu fördern. Es bedarf somit einer vernetzenden Transformation des universitär erworbenen Fachwissens, um dieses mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähig zu machen. Dies verdeutlicht die hohe Bedeutung des „Wissen[s] über Konzepte und ihre Anwendung im jeweiligen Fach“ (1. Facette des *Erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext* (Hermanns, 2019)) bzw. des „Wissen[s] über die Zuordnung von Themen, Begriffen und Konzepten zu zentralen übergeordneten Konzepten“ (3. Facette des *fachlichen Strukturierungswissens* (Lorentzen, 2020)). Das Problem der wahrgenommenen Diskontinuität der fachinhaltlichen Chemielehrkräftebildung mit Blick auf die Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte liegt darüber hinaus nicht vornehmlich in einer Divergenz der Fachinhalte zwischen universitärem und schulischem Fachwissen begründet, wie der Curriculavergleich zeigt, sondern resultiert ebenso aus der Wissensfragmentierung des universitär erworbenen Fachwissens. Demnach ist anzunehmen, dass es vor der Förderung des Wissenstransfers in vertikaler Ebene (Hermanns, 2019; Lorentzen, 2020) der Ausbildung einer

horizontal defragmentierten, umfassend vernetzten Fachwissensbasis bedarf, wie sie bereits Birkenstock (2025) in Grundzügen initiiert hat. Da eine derartige Fachwissens- transformation als notwendige Grundlage für das Verfügbarmachen des Fachwissens für die schulische Lehrtätigkeit und damit den Professionalisierungsprozess der (an- gehenden) Lehrkräfte gesehen werden kann, soll das mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit transformierte universitär erworbene Fachwissen als *Professionsrelevan- tes Fachwissen* (PRFW), englisch *Profession-Relevant Content Knowledge* (PRCK), konzeptualisiert werden. Eine genaue Beschreibung dieser Wissensstruktur erfolgt im nachfolgenden Kapitel.

### 4.3 Theoriebezogene Ableitung: Professionsrelevantes Fachwis- sen

Professionsrelevantes Fachwissen (PRFW) stellt keine zusätzliche Wissensdomäne im Sinne eines vertieften Schulwissens (vgl. Kapitel 2.1.1, S. 4 ff.) dar, sondern bezeich- net eine spezifische Aufbereitungs- bzw. Strukturierungsform des universitär erworbe- nen Fachwissens. Dabei sind sowohl die Fachinhaltsebene an sich als auch ein Meta- wissen über die Fachwissensstrukturierung im PRFW inbegriffen.



Abbildung 10: Darstellung der universitären und schulischen Fachwissensstrukturen sowie des Professionsrelevanten Fachwissens als Bindeglied.

Das Professionsrelevante Fachwissen schlägt die Brücke zwischen Wissensinhalt und Lehrinhalt durch die Vernetzung des universitär erworbenen Fachwissens über die Subdisziplingrenzen hinaus zu einem umfassenden Fachwissensnetz, aus welchem die Schulwissensinhalte direkt ableitbar sind. [AC = Anorganische Chemie, OC = Organische Chemie, PC = Physikalische Chemie, TC = Theoretische Chemie, IHF = Inhaltsfeld, BK = Basiskonzept]

Durch das gezielte Aufbrechen der Subdisziplingrenzen und das Vernetzen der univer- sitär erworbenen Fachwissensinhalte über diese hinaus wird ein umfassendes, in sich

kohärentes Fachwissensnetz geschaffen, in welchem die einzelnen Wissensinhalte in einen Gesamtzusammenhang eingebettet sind und zueinander in Bezug stehen. Dieses Fachwissensnetz spiegelt weder ausschließlich die Schulwissensstrukturen noch die universitären Fachwissensstrukturen wider, ist aber direkt für beide anschlussfähig (Abbildung 10). Mit Blick auf das universitäre Fachwissen sind die verschiedenen subdisziplinbezogenen Fachwissensinhalte im PRFW direkt enthalten und stehen dabei zusätzlich in Bezug zu assoziierten Wissensinhalten aus anderen Subdisziplinen, beispielsweise der erklärenden, energetischen Ebene der Physikalischen sowie Theoretischen Chemie (Bunte Puzzlestücke in Abbildung 10). Dies ermöglicht ein umfassendes, kohärentes Fachverständnis der Fachdisziplin Chemie, welches insbesondere für Lehrkräfte von hoher Bedeutung ist (vgl. Kapitel 2.5, S. 17 ff.). Im Gegensatz zu Fachwissenschaftler:innen, welche sich im Verlauf des Studiums sowie einer möglichen anschließenden Weiterqualifizierung zunehmend fachinhaltlich spezialisieren, stellen Lehrkräfte Generalist:innen dar, welche ihren Schüler:innen ein umfassendes Grundverständnis der Chemie vermitteln müssen und die zu Grunde liegende Fachdisziplin aus diesem Grund selbst umfassend verstanden haben sollten bzw. müssen (Kunter, Baumert et al., 2013; Nehring & Schanze, 2025; Shulman, 1987). Das umfassende, vernetzte Fachverständnis, wie es in der Transformation hin zum PRFW ausgebildet wird, ermöglicht darüber hinaus auch eine direkte Anschlussfähigkeit an die Schulwissensstrukturen (Extraktion der Inhaltsfelder aus dem PRFW-Netz in Abbildung 10). Auf Grund der sich überschneidenden Fachwissensinhalte sind die zu lehrenden Inhaltsfelder aus dem PRFW direkt ableitbar, auf die Schulwissensebene didaktisch transformierbar und bleiben darüber hinaus stets mit assoziiertem, tiefergehenden universitärem Begründungs- und Legitimationswissen verknüpft. Somit stellt die Aufbereitung des universitär erworbenen Fachwissens hin zum PRFW nicht nur die Anschlussfähigkeit für die schulische Lehrtätigkeit sicher, sondern ermöglicht der Lehrkraft durch das umfassende Fachverständnis auch mehr unterrichtliche Flexibilität, da diese um die grundlegenden Erklärungen und Zusammenhänge weiß (Dreher et al., 2023).

Eine Transformation des universitär erworbenen, fragmentierten Fachwissens hin zum umfassend vernetzten PRFW kann somit als notwendige Voraussetzung für die Anschlussfähigkeit des universitär erworbenen Fachwissens für die schulische Lehrtätigkeit (im Sinne der Schaffung einer umfassenden pPCK-Wissensbasis) und damit für die Schaffung von Kohärenz innerhalb der Domäne Fachwissen angesehen werden.

Im Unterschied zu etablierten Konzepten, wie dem SRCK nach Hermanns (2019) (Kapitel 2.6.1, S. 19 ff.) oder dem fachlichen Strukturierungswissen nach Lorentzen (2020) (Kapitel 2.6.2, S. 21), die als reines Metawissen verstanden werden können („Wissen über...“), welches vor allem den Wissenstransfer zwischen universitärem und schulischem Fachwissen fokussiert, stellt das PRFW unter anderem eine reale Transformationsform des universitär erworbenen Fachwissens dar. Dabei fokussiert es die subdisziplinübergreifende Wissensvernetzung auf horizontaler Ebene, nicht explizit einen vertikalen Transfer zwischen universitärem und schulischem Fachwissen. Auf Grund der inhaltlichen Entsprechungen zwischen universitärem und schulischem Fachwissen in der Fachdisziplin Chemie ist anzunehmen, dass der vertikale Transfer nach erfolgter Transformation des universitär erworbenen Fachwissens zum PRFW keiner weiteren Anpassungen oder der Einführung eines spezifischen vertieften Schulwissens (vgl. Kapitel 2.1.1, S. 4 ff.) in der Domäne Fachwissen mehr bedarf. Vielmehr ist ein umfassendes fachdidaktisches Wissen – vor allem der fachdidaktischen Transformation (Reiners, 2022) des tiefgehenden Fachwissens in adressatengerechte Lehrinhalte – erforderlich.

PRFW stellt jedoch nicht nur das (statische) Produkt des vernetzenden Transformationsprozesses des universitär erworbenen Fachwissens dar, sondern bezieht auch die Prozessebene selbst mit ein. So ist es mit Blick auf einen fortwährenden Professionalisierungsprozess (vgl. Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.) bedeutsam, die (angehenden) Lehrkräfte auch dazu zu befähigen, die Wissenstransformation zukünftig selbstständig fortzuführen, das bestehende Wissensnetz anzupassen und auf neue Fachinhalte auszudehnen, um so das PRFW stetig weiter auszubauen bzw. zu verfeinern. Hierzu bedarf es eines Metawissens über die Bedeutsamkeit der Fachwissensvernetzung, den spezifischen Prozess der Wissensvernetzung sowie einer Befähigung zur steten Evaluation des eigenen Fachwissensstandes. Der prozessbezogene Aspekt des Metawissens im PRFW weist dabei einen starken Bezug zu den Facetten 2 und 3 des fachlichen Strukturierungswissens (Lorentzen, 2020) und somit auch zu Facette 1 des SRCK (Hermanns, 2019) auf. So ist es mit Blick auf die Transformation des universitär erworbenen Fachwissens hin zum PRFW bedeutsam, über ein „Wissen über Verbindungen vom universitären Fachwissen zum schulischen Fachwissen“ (Facette 2 (S. 21) – Lorentzen, 2020) sowie ein „Wissen über die Zuordnung von Themen, Begriffen und Konzepten zu zentralen übergeordneten Konzepten“ (Facette 3 (S. 22) – Lorentzen, 2020) bzw. ein „Wissen über Konzepte und ihre Anwendungen im jeweiligen Fach“ (Facette 1

(S. 19) – Hermanns, 2019) zu verfügen. Diese Aspekte sind ebenfalls im PRFW inbegriffen und ermöglichen es den angehenden Lehrkräften, die Vernetzung eigenständig auf neue Fachinhalte/-bereiche auszuweiten.

Die Konzeptualisierung des PRFW liefert die theoriebezogene Grundlage für das Re-Design von Modulphase 1, welche im nachfolgenden Kapitel theoriegeleitet dargelegt wird.

#### **4.4 Re-Design Modulphase 1 – Artikel 2: Design and Evaluation of an Iterative Concept Mapping Approach to Foster the Interlinking of University-Acquired Chemistry Content Knowledge for School Teaching**

Basierend auf den Erkenntnissen zur Notwendigkeit einer horizontalen Fachwissensvernetzung zur Schaffung einer Kohärenz innerhalb der Domäne Fachwissen, wurde ein Re-Design von Modulphase 1 vorgenommen. So erwies sich das konzipierte iterative Concept Mapping-Verfahren als vielversprechende Methodik zur Förderung der Wissenstransformation hin zum PRFW, weshalb die Methodik im weiteren Verlauf elaboriert und in die erste Modulphase integriert wurde. Der nachfolgende Artikel gibt das finale Design der ersten Modulphase (vgl. auch Anhang III.II, S. 151) wieder, welche unter der Zielsetzung steht, die angehenden Lehrkräfte in der horizontalen Vernetzung ihres universitär erworbenen Fachwissens über die Subdisziplinengrenzen hinaus zu unterstützen (Zielsetzung 1, S. 52) und dieses so mit Blick auf die Anforderungen der schulischen Lehrtätigkeit zu transformieren, um es für den Schulkontext anknüpfungsfähig zu machen (Zielsetzung 2, S. 52). Des Weiteren soll durch das spezifische Vorgehen zum Aufbau eines Metawissens beigetragen werden, welches die angehenden Lehrkräfte die Bedeutung der Transformation des universitär erworbenen Wissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit in Bezug auf ihre persönliche Professionalisierung erkennen lässt und sie gleichzeitig ermächtigt, diese eigenständig auf weitere Fachinhalte auszudehnen (Zielsetzung 4, S. 52). Ausgehend von einer Bedarfs- und Zielvorstellung wird zunächst die theoriegeleitete Konzeption der ersten Modulphase dargelegt, wobei die verwendeten Methoden detailliert vorgestellt werden. Anschließend wird das finale Modulkonzept in Bezug auf seine durch die angehenden Lehrkräfte wahrgenommenen Effekte auf die Fachwissenstransformation analysiert, wobei die einzelnen Aspekte des spezifischen Designs differenziert betrachtet werden. Die leitende Untersuchungsfrage lautet dabei: *Inwiefern unterstützt die spezifische Methodik in Modulphase 1, bestehend aus iterativem Concept Mapping mit steigendem*

*Abstraktionsniveau, kombiniert mit Elementen des Peer- und Gruppenaustauschs sowie der angeleiteten Metareflexion mittels Prozessportfolios, die angehenden Lehrkräfte bei der Transformation ihres universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit im Sinne der Ausbildung des PRFW? Der der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse zu Grunde liegende Codierleitfaden findet sich in Anhang II.III (S. 147 f.).*

## ARTICLE

# Design and Evaluation of an Iterative Concept Mapping Approach to Foster the Interlinking of University-Acquired Chemistry Content Knowledge for School Teaching

Niklas Prewitz<sup>\*a</sup> and Katharina Groß<sup>\*b</sup>

Received 00th January 20xx,  
Accepted 00th January 20xx

DOI: 10.1039/x0xx00000x

Prospective chemistry teachers often struggle to integrate their university-acquired content knowledge into the school teaching context, leading to a phenomenon known as double discontinuity. This disconnect hinders the effective application of in-depth content knowledge in school teaching. To address this challenge, we propose the development of Profession-Relevant Content Knowledge (PRCK) – a structured, interlinked university-level content knowledge network that breaks disciplinary boundaries and promotes the abstraction of core ideas. In this study, we designed and implemented an iterative concept mapping methodology to foster PRCK development among prospective chemistry teachers. Our approach combines iterative concept mapping, collaborative peer/group discussions, and prompted (meta-)reflection using process portfolios to facilitate deep, interconnected learning. Through a design-based research project spanning multiple cycles, we examined the impact of this methodology on students' perceived interlinking of content knowledge and their further professionalisation. Content-structuring qualitative text analysis of the process portfolios revealed that students experienced significant benefits from concept mapping, including enhanced knowledge structuring, increased awareness of conceptual interlinks, and improved recognition of overarching core ideas. Peer discussions further supported the identification of knowledge gaps and the refinement of conceptual understanding. The integration of the Basic Concepts from the German chemistry core curriculum played a crucial role in helping students bridge subdisciplinary boundaries and synthesise knowledge across different subdomains (e.g. Inorganic, Organic, Physical Chemistry). Overall, the findings suggest that an iterative concept mapping approach successfully supports the transformation of fragmented university-acquired content knowledge into well-structured PRCK, thereby facilitating its application in school teaching. This study underscores the importance of integrating such methodologies into university chemistry teacher education to ensure a smoother transition from university learning to professional teaching practice.

## Introduction

Prospective chemistry teachers often face difficulties in transferring their university-acquired knowledge to effective school-level teaching (Prewitz and Groß, 2025; Lorentzen, 2020). Consequently, the in-depth content knowledge gained at university frequently degenerates into inert knowledge (Renkl *et al.*, 1996), lacking practical applicability in the school context. For many prospective chemistry teachers, university-acquired content knowledge and school content knowledge appear as two isolated domains with little perceived connection. For example, the energetic analysis of chemical reactions is primarily taught based on mathematical formalism within the domain of physical chemistry and often detached from concrete subject-specific examples. In contrast, within the context of school teaching, energetic considerations are addressed in relation to specific content (e.g., thermometric titration. This disjunction can lead (pre-service) chemistry teachers to view these as disconnected areas

of knowledge, thereby hindering their ability to transform university-acquired knowledge into content suitable for school teaching. This so-called "double discontinuity" (Wu, 2011) is a significant issue, since it is precisely the more in-depth university-acquired content knowledge that provides the necessary context and level of explanation for a comprehensive understanding of the subject and should therefore be seen as a necessary prerequisite for planning and conducting effective teaching.

Science Education Research indicates further that school students tend to acquire factual knowledge through additive learning rather than developing a deeply interconnected understanding of chemical concepts (Beall and Prescott, 1994). For instance, they frequently perceive acid-base reactions (proton transfer) and redox reactions (electron transfer) as entirely separate categories, failing to recognise the underlying concept of the donor-acceptor principle that connects both types of reactions. One key contributing factor is the lack of interlinked teaching (Cardellini, 2004), which is closely tied to the teacher's own teaching-knowledge (Baumert and Kunter, 2013; Kleickmann *et al.*, 2013; Kunter *et al.*, 2013; Kunter *et al.*, 2013). To overcome the double discontinuity and support the

<sup>a</sup>Institute of Chemistry Education, University of Cologne Germany.  
E-Mail: niklas.prewitz@uni-koeln.de

<sup>b</sup>Institute of Chemistry Education, University of Cologne Germany.  
E-Mail: katharina.gross@uni-koeln.de

professionalisation of prospective chemistry teachers, it is crucial to identify, understand and address the underlying causes of this issue.

To investigate this issue, we conducted a curriculum comparison followed by a concept mapping study. Our findings revealed that while school chemistry content directly corresponds to university-acquired content, the structuring of this knowledge differs significantly (Prewitz and Groß, 2025). School content knowledge is typically organised across broader domains, whereas university chemistry content knowledge is compartmentalised into distinct, historically developed sub-disciplines (e.g., Inorganic, Organic, and Physical Chemistry). These sub-disciplinary boundaries are rarely explicitly connected in university chemistry education, nor can it be assumed that prospective chemistry teachers will independently establish such interlinks (Kunina-Habenicht *et al.*, 2013). This structural separation is reflected in our concept mapping study results: while prospective chemistry teachers possess extensive factual knowledge, they struggle to relate individual concepts to one another and to identify overarching core ideas (Prewitz and Groß, 2025).

Based on these findings, we propose the development of Profession-Relevant Content Knowledge (PRCK) as a potential solution for bridging the discontinuity in chemistry teacher education. PRCK is developed by breaking down sub-disciplinary boundaries and interlinking content across these divisions while simultaneously abstracting central, connecting core ideas (Prewitz and Groß, 2025). We argue that when prospective chemistry teachers acquire a comprehensive, well-structured PRCK, they will independently recognise connections to school content knowledge, thereby integrating both knowledge domains. In doing so, university-acquired content knowledge serves as a legitimising and explanatory framework for school-level chemistry instruction.

In this paper, we present an iterative concept mapping methodology specifically designed to promote PRCK development. We evaluate its suitability based on its perceived impact on participating prospective chemistry teachers and discuss implications for optimising chemistry teacher training at German universities.

## Theoretical Framework

PRCK – defined as deeply interlinked university-acquired content knowledge – requires overcoming sub-disciplinary boundaries and knowledge-restructuring, including the identification of core ideas. The literature suggests that concept mapping is effective in facilitating such knowledge transformations. In the following, we will examine this in more detail and present the current state of (science) education research.

### Concept mapping as a knowledge-interlinking tool

Concept maps are graphical representations of contents (as nodes) and their relationships (as labelled connecting lines) (Novak and Cañas, 2008). Their primary function is to condense information into central concepts and make interconnections

visible, fostering the development of a deep and sustainable knowledge network (Hamza and Wickman, 2013; Romero *et al.*, 2017; Anastasiou *et al.*, 2024). By integrating verbal and visual representations, concept maps have been shown to positively impact the learning process (Kirschner and Hendrick, 2020).

Novak (2002) highlighted the parallels between concept mapping and Ausubel's theory of meaningful learning. Unlike rote learning, which focuses solely on memorisation, meaningful learning fosters the acquisition of deep, long-term, and interlinked knowledge (Ausubel, 1963). This process involves linking new information to preexisting knowledge, thereby supporting in-depth cognitive elaboration and the construction of a comprehensive knowledge network (Novak, 2002).

In recent years, numerous studies have investigated the effectiveness of concept maps as a learning tool, demonstrating their positive impact on knowledge-interlinking, conceptual and thus meaningful learning (Cf. Nesbit and Adesope, 2006; Schroeder *et al.*, 2018; Anastasiou *et al.*, 2024). In fact, concept mapping promotes learning success in two key ways: First it aids in acquiring conceptual knowledge (Krathwohl, 2002) by breaking down complex information into essential components and establishing meaningful relationships, thereby clarifying underlying concepts (Schwendimann and Linn, 2016; Anastasiou *et al.*, 2024). Second, concept mapping supports the development of meta-knowledge (Krathwohl, 2002). By creating concept maps, students actively reflect on and structure their own knowledge, identifying possible knowledge-gaps and misconceptions (Hamza and Wickman, 2013; Seminarski *et al.*, 2021). This process enables them to revise and deepen their understanding in a targeted manner.

Several meta-studies have compiled data from a wide range of concept mapping studies, examining the effects on both conceptual knowledge and meta-knowledge (Cf. Nesbit and Adesope, 2006; Schroeder *et al.*, 2018; Anastasiou *et al.*, 2024). Eshuis *et al.* (2022) summarise the benefits of concept mapping, stating: "To facilitate learning from concept maps, students should use a concept map not only to externalize their knowledge, by identifying main idea's, structuring their knowledge, and creating links between (new) information (and prior knowledge) [...], but also carefully select what to focus on, monitor their knowledge by identifying and acknowledging what they do and do not know, think about what this means for them given the situation, and plan for future actions [...]."

### Basic Concepts as a structuring aid to support the derivation of core ideas

To support the process of knowledge-interlinking and the identification of core ideas, structuring aids can be highly beneficial (Cardellini, 2004; Harlen, 2015; Schroeder *et al.*, 2018).

Core ideas are fundamental concepts essential for understanding a discipline. They provide an organisational framework that facilitates the conceptualisation and interlinking of knowledge, ultimately enabling the attainment of deeper levels of explanation (CCF, 2012). When students recognise these overarching concepts, they can more easily integrate new information (underlying concepts) into their existing knowledge structure. (Schroeder *et al.*, 2018)

For comprehensive content knowledge interlinking in the field of chemistry, the Basic Concepts from the German chemistry core curriculum (MSB NRW, 2019) offer a suitable structuring aid.

The Basic Concepts originate from the work of Parchmann *et al.* (2018), who derived them within their research on "Chemie im Kontext" as "[...] a systematic background and network [...]" with the aim "to retain a combination of situated and systematic cumulative learning [...]" (Parchmann *et al.*, 2018) from on the German spiral chemistry curriculum.

Current curricula distinguish three Basic Concepts : structure of matter, chemical reaction, and energy (MSB NRW, 2019). These concepts are introduced at the lower secondary level and further expanded in upper secondary education (MSB NRW, 2019,2022). Their purpose is to facilitate students' interlinking of knowledge across various areas of chemistry content by providing three consistent perspectives through which all subject matter can be examined. These perspectives serve as valuable tools for restructuring university-acquired content knowledge in preparation for school teaching. For example, understanding the structure of compounds enables predictions about their chemical and physical properties, independent of the specific class of compound. Moreover, the types of chemical reactions a compound may undergo can be anticipated or explained based on its structure, particularly when combined with an energetic perspective. In this way, the basic concepts offer a coherent framework of viewing diverse content, making it easier to recognise similarities, differences, and underlying principles. This, in turn, supports the integration of new content into existing knowledge structures.

To fully harness the potential of concept mapping, it is also essential to stimulate meta-cognition (van Loon, 2019; Eshuis *et al.*, 2022). One effective way to do so, is collaborative concept mapping.

### Enhancing understanding through peer/group discussion and collaboration

By creating concept maps and discussing them with peers, students gain awareness of their own knowledge level and potential gaps (Davis, 2003; Eshuis *et al.*, 2022). Knowledge-based discussions further enhance learning by fostering an exchange of perspectives, which helps clarify conceptual interconnections (Eshuis *et al.*, 2022). Analysing and discussing alternative knowledge structures deepens understanding, as it requires students to critically evaluate their own knowledge, refine arguments, and defend their personal ideas against potential critique (Enyedy, 2005; Clark and Sampson, 2008; Schwendimann and Linn, 2016). A peer review process has proven particularly effective, as students' concept maps are more comparable to those of their peers than to expert-generated concept maps, due to their similar knowledge levels/structures and vocabulary (Keppell *et al.*, 2006; Schwendimann and Linn, 2016). Moreover, unlike the comparison to experts' concept maps, peer review does not involve a single correct solution. Instead, various knowledge interlinks are discussed with equal consideration. Research by Schwendimann and Linn (2016) suggests that this shifts the focus from merely verifying facts to a broader

discussion of interlinks within the knowledge network. Through peer discourse, students refine their own knowledge structures by integrating new perspectives while simultaneously identifying and addressing gaps in their understanding (Davis, 2003; Eshuis *et al.*, 2022).

However, peer discussions are not without challenges. Schwendimann and Linn (2016) highlight potential issues such as a hesitation to offer criticism among peers and the risk of misconceptions persisting due to unnoticed errors.

### The role of self-reflection in the learning process

As previously discussed, meta-reflection plays a crucial role in effective learning through concept mapping. Reflecting on and evaluating one's own knowledge and learning process is a key prerequisite for self-regulated learning (van Loon, 2019). Although peer review can reveal potential misconceptions or missing links, students must actively recognise and reflect on these insights to use them as learning opportunities (Novak, 2005; Kao *et al.*, 2008; van Loon, 2019).

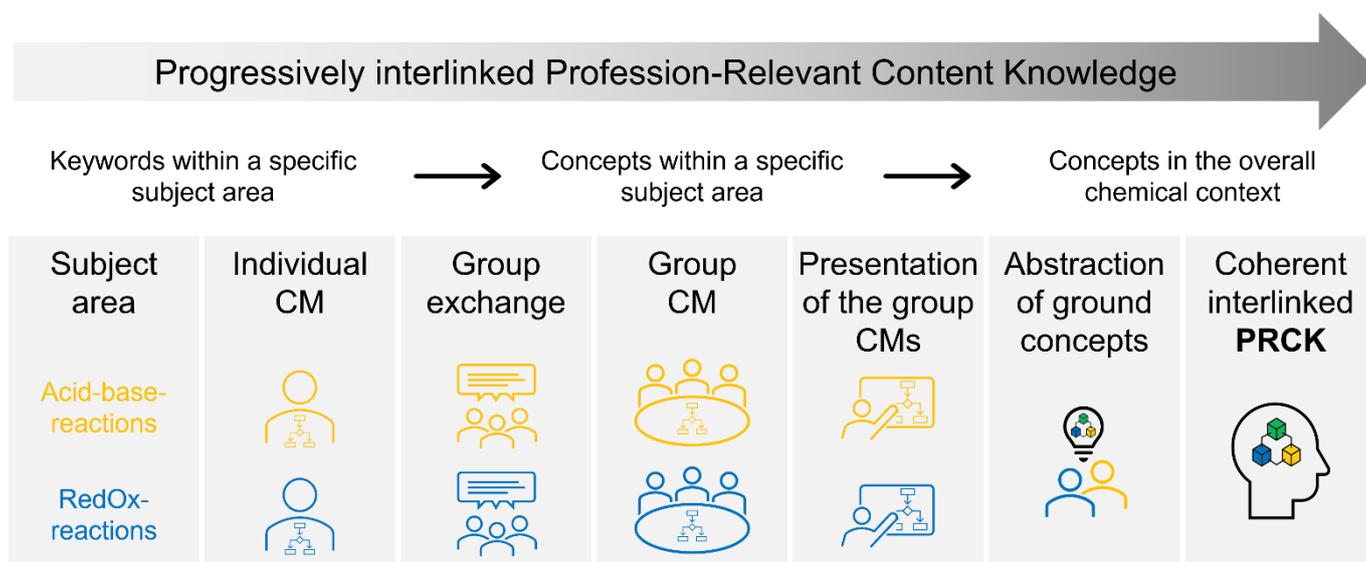
Meta-reflection should be prompted with focus-setting prompts, as these guide learners, helping them concentrate on key aspects of their reflection (Rogers, 2001; Ge and Land, 2003; Kori *et al.*, 2014). The written documentation of meta-reflection, for example within process portfolios, where learners document their work processes as well as challenges and impacts, they have experienced, can enhance the sustainability of positive impacts. By making learning process traceable over the long term, it allows for later review and reflection. This, in turn, facilitates the structured derivation of insights for future actions and enables their revision at a later stage (Gleaves *et al.*, 2008; Lew and Schmidt, 2011). Additionally, articulating one's knowledge – particularly the connections between concepts – while creating portfolios further enhances deep learning (O'Rourke, 1998).

## Study

### Designing a module to foster PRCK by reflective, iterative concept mapping

To facilitate the integration of university-acquired content knowledge into a comprehensive chemistry knowledge network – and thereby support the development of PRCK – we designed and continuously refined a teaching-learning module (Figure 1). This module was implemented over five mesocycles – each lasting one semester – as part of a design-based research project (Reinmann, 2005).

Our approach integrates an iterative concept mapping process with structured group work, collaborative exchanges, and continuous meta-reflection through process portfolios, carried out over eight 90-minute sessions. The aim was to combine the strengths of these indispensable components to promote deep, meaningful and interlinked learning. Ultimately, this approach aims to transform university-acquired content knowledge into PRCK, making it applicable and relevant for school teaching by pursuing the following objectives:



**Figure 1:** Illustration of the stages in the iterative concept mapping approach, structured as separate blocks. Each block represents a distinct phase, clearly labelled with its specific task. Different colours distinguish both group configurations and subject areas. Arrows indicate the process of knowledge interlinking, illustrating the progressive increase in PRCK throughout the module. (Prewitz and Groß, 2025)

1. Reactivating university-acquired content knowledge.
2. Bridging disciplinary boundaries by interlinking university-acquired content knowledge within school-relevant topics.
3. Deriving overarching core ideas across topics.
4. Identifying and addressing potential content knowledge gaps while raising awareness of interlinking challenges and closing them.
5. Constructing an interlinked content knowledge-Network (PRCK) that is applicable in school teaching.

To address objectives 1 (Reactivating university-acquired content knowledge) and 2 (Bridging disciplinary boundaries by interlinking university-acquired content knowledge within school-relevant topics), students initially create individual concept maps based on predefined keywords within either RedOx- or Acid-Base-Chemistry subject area (second block in Figure 1). For this purpose, approximately 50 keywords from each subject area were provided (Cf. Supplementary Information p. 2, f.). These were primarily drawn from the overlapping school and university content and supplemented with terms reflecting university-level background knowledge, derived directly from the content of specialised lectures. Sufficient time (1 week) is provided for deeper engagement with the subject matter while minimising cognitive load (Schroeder *et al.*, 2018). These concept maps serve as representations of the students' knowledge networks within the respective topics.

Following this, students form peer groups, present, and discuss their concept maps in detail (third block in Figure 1). This exchange encourages in-depth exploration of different perspectives on the same content and should facilitate the identification of missing or potentially incorrect concepts. To further stimulate discussion, the groups are required to collaboratively construct joint group concept maps, synthesising their individual contributions (fourth block in Figure 1).

The group concept maps are then presented in a plenary session, where other groups provide feedback (fifth block in Figure 1). This additional discussion introduces new perspectives and, importantly, should help mitigate the risks of unsupervised peer work, such as the reinforcement/persistence of misconceptions (Schwendimann and Linn, 2016).

Both peer and group discussion were incorporated to address objective 4 (Identifying and addressing potential content knowledge gaps while raising awareness of interlinking challenges and closing them).

Next, the groups are restructured using a jigsaw approach (Aranson *et al.*, 1978), ensuring that both Acid-Base- and RedOx-topics are represented within each group. Students are then tasked with identifying overarching, unifying concepts between the two subject areas (sixth block in Figure 1). After an initial independent exploration phase, this process is further supported by the introduction of the Basic Concepts from the German chemistry core curriculum (MSB NRW, 2019). Restructuring both topics in terms of their contributions to these Basic Concepts should help students to recognise conceptual similarities between seemingly distinct subject areas – e.g. donor-acceptor principle – and, in turn, to identify core ideas (CCF, 2012). This process addresses objective 3 (Deriving overarching core ideas across topics).

The resulting core idea concept maps are then discussed again in a final plenary session.

Throughout the 8-week iterative concept mapping process, students document their learning progression in process portfolios. Each developmental stage is accompanied by structured reflection, guided by specific prompts. Students are asked to (1) describe their activities, (2) critically reflect on their work-process, and (3) derive insights and implications for future learning. At the end of the iterative concept mapping process, students are also asked to (4) revise their previous statements and critically reflect on them. This includes questions such as: Were the perceived problems resolved? Did the learning process unfold

as expected? Would certain aspects now be approached differently considering newly acquired knowledge?. This reflective component further supports objective 4 (Identifying and addressing potential content knowledge gaps while raising awareness of interlinking challenges and closing them) by encouraging students to develop a deeper awareness of their own learning processes and the complexity of knowledge interconnections. The overarching goal of the iterative concept mapping process is to achieve objective 5 (Constructing an interlinked content knowledge-Network (PRCK) that is applicable in school teaching), through the positive interaction of the individual methods (last block in Figure 1).

### Methodical approach

The present study examines the effects of the reflective, iterative concept mapping process on students' perceived interlinking of university-acquired content knowledge and their professional development as prospective chemistry teachers. To explore this, we analysed the students' process portfolios using content-structuring qualitative text analysis (Kuckartz, 2014), guided by the following research question:

To what extent does the specific methodology, comprising iterative concept mapping with increasing levels of abstraction, combined with elements of peer and group exchange as well as guided meta-reflection through process portfolios, support students in interlinking their university-acquired content knowledge with a focus on school teaching in the context of developing PRCK?

### Background Information, Respondent Group & Ethics

The study was conducted during the final semester of a master's course in a university education programme for prospective secondary-level II chemistry teachers at a German university. This timing was intentional, as students were completing their theoretical content knowledge education and preparing for their practical school training phase, where they would need to apply this knowledge in real classroom settings.

The course itself focuses on (re-)structuring university-acquired content knowledge for school teaching, with PRCK development as a key objective. Iterative concept mapping was integrated both as a central learning activity and as a data collection method.

All preservice teachers engaged with this methodology; however, participation in the research project was voluntary. Those who chose not to participate still completed all required coursework, but their contributions were excluded from the research data. This approach ensured that peers could not identify participants, minimising social pressure. Additionally, participants were informed that they could withdraw their consent at any time. All data was pseudonymised to ensure confidentiality, and research data was kept separate from academic assessments to prevent social desirability bias from influencing responses.

The course was conducted five times, with research data being collected over a period of two years. A total of  $N = 70$  students completed the teaching-learning module within this timeframe,

of whom  $n = 48$  (27 men and 21 women) voluntarily participated in the study.

### Data collection and processing

To address the research question, students' process portfolios were analysed using content-structuring qualitative text analysis (Kuckartz, 2014). The main-category system was derived from the intended objectives and the underlying methodology of the teaching-learning module:

- K1<sub>E</sub>: (Re-)structuring Knowledge Using Concept Maps
- K2<sub>E</sub>: Peer and Group Discussions
- K3<sub>E</sub>: Breaking Down Disciplinary Boundaries Through Core Ideas and Basic Concepts
- K4<sub>E</sub>: General Effects on Prospective chemistry teachers' Knowledge and Future Teaching.

Additionally, subcategories as well as a fifth main-category, K5: Points of criticism, were formed inductively from the data material. An overview of the categories with representative anchor examples, is provided in Table 1.

The process portfolios serve as an especially valuable data source for addressing the research question, as they provide deep insights into the students' thought processes. Through strategically designed prompts, they not only capture students' perceived conceptual learning outcomes but also foster methodological reflection. Students' meta-reflections offer insights into their personal learning processes, enabling an analysis of individual approaches in relation to the underlying objectives and the identification of key learning elements. Furthermore, students articulate the long-term effects of the iterative concept mapping process, allowing conclusions to be drawn about its impact on PRCK acquisition and their professional development. A purely product-based analysis would not yield such rich and nuanced insights.

To enhance the reliability of the category system, a consensus coding approach was implemented. Two independent coders initially assigned codes to the portfolios, identified and discussed discrepancies, and refined coding decisions accordingly. Adjustments to code definitions and examples were systematically integrated during structured coding meetings (Guest *et al.*, 2012; Hennink and Leavy, 2014; Kuckartz, 2014).

The students' process portfolios were originally written and analysed by the coders in German language. Key sections relevant to the presentation and discussion of the results were afterwards translated by the authors.

## Results

### Overview of process portfolio results

Table 1 provides a summary of the findings from the content-structuring qualitative text analysis of the process portfolios. The data indicate that students reflected on all components of the iterative concept mapping process. For instance, 35 out of 48 students reported direct benefits from the concept mapping process, including the creation of both individual and group concept maps (K1<sub>E</sub>). Likewise, 35 out of 48 students highlighted the positive impact of peer discussions and group presentation with subsequent discussion on their learning progress (K2<sub>E</sub>).

**Table 1:** Category system outlining the impacts of the distinct methods within, along with the overall effects of the iterative concept mapping approach regarding PRCK, as perceived by prospective chemistry teachers.

(n/N, p%): Number of portfolios containing statements within each specific category / total number of portfolios, ratio [%]; all statements are translated almost literally by the authors.

| Main Categories  | Subcategories  | Sample statements given by prospective chemistry teachers  |
|--|--|--|
| <b>K1<sub>E</sub></b> (35/48, 73%)<br>(Re-)structuring Knowledge Using Concept Maps                                    | <b>K1.1<sub>E</sub></b> (19/35, 54%)<br>Knowledge Reactivation                             | “By creating the concept maps, the knowledge of acid-base chemistry was refreshed once again.” (ALS_23S)   |
|  | <b>K1.2<sub>E</sub></b> (28/35, 80%)<br>Recognising Conceptual Interlinks                  | “Creating and editing the concept maps contributed to my subject-specific learning in the sense that it allowed me to identify further connections in the topic of redox reactions and establish new associations.” (MP_23W)   |
|  | <b>K1.3<sub>E</sub></b> (13/35, 37%)<br>Awareness of Knowledge Gaps and Learning Progress  | “Overall, creating the concept maps has significantly enhanced my subject-specific learning. I was able to identify and fill knowledge gaps, correct my mistakes and misconceptions, and deepen my understanding of the complex interrelations of acid-base concepts.” (JP_23W)              |
| <b>K2<sub>E</sub></b> (35/48, 73%)<br>Peer- and Group-discussion   | <b>K2.1<sub>E</sub></b> (10/35, 29%)<br>Error Recognition and Correction                   | “We engaged in intensive discussions, during which we identified and corrected errors and misconceptions together. This contributed to filling my subject-specific knowledge gaps and developing a comprehensive understanding of acid-base concepts.” (JP_23W)                              |
|  | <b>K2.2<sub>E</sub></b> (11/35, 31%)<br>Awareness of Knowledge Gaps                        | “Therefore, the exchange within the group can be considered highly valuable, as it allowed me to fill knowledge gaps or identify where such gaps exist. This, in turn, provides me with starting points to review and address these gaps accordingly.” (HS_22W)                              |
|  | <b>K2.3<sub>E</sub></b> (24/35, 69%)<br>Deepened Subject Engagement and Perspective Change | “The reason for this is that every exchange, whether based on one's own knowledge or that of others, continuously introduces new aspects that can be integrated into existing networks of understanding. Consequently, one's own knowledge can be repeatedly expanded and refined.” (MZ_22S) |
| <b>K3<sub>E</sub></b> (37/48, 77%)<br>Breaking Down Disciplinary Boundaries Through Core Ideas and Basic Concepts      |  | “However, what has definitely helped me develop a more interconnected understanding of both subject areas is highlighting their commonalities and similarities through the underlying Basic Concepts.” (STM_23S)   |
|  |  | “Engaging with the interconnections of the basic concepts in chemistry education provided me with the advantage of recognising that the subject areas can generally be linked to one another.” (JN_23S)  |
|  |  | “For the first time, I gained insight into how the most diverse topics in chemistry can be integrated into the overall chemical context. (RB_22S)  |
| <b>K4<sub>E</sub></b> (32/48, 67%)<br>General Effects on Prospective chemistry teachers' Knowledge and Future Teaching | <b>K4.1<sub>E</sub></b> (22/32, 69%)<br>Personal Knowledge Development                     | “I believe that, through the seminar, I was able to enhance my competencies in constructing network structures between concepts and topics. Moreover, I am now capable of applying these skills to other subject areas.” (TMzW_23S)  |
|  | <b>K4.2<sub>E</sub></b> (24/32, 75%)<br>Relevance to Future Teaching                       | “I became aware that connections between individual topics will be of great importance in school later on, especially for students, as they enable the development of interconnected knowledge.” (MP_23W)  |
| <b>K5</b> (7/48, 15%)<br>Points of criticism   |  | “I did not gain significant added value from the collaborative creation of the group concept map.” (RB_22S)<br>“Unfortunately, the selected methods did not achieve the desired level of interconnectedness. Instead, they revealed gaps that need to be addressed in the future.” (TG_22S)  |

Furthermore, 32 out of 48 students recognised the overall added value of the process, particularly regarding its relevance to their future teaching activities (K4<sub>E</sub>).

The following sections provide a detailed analysis of the individual categories. In addition, the Supplementary Information includes representative concept maps for each stage of the iterative concept mapping process.

#### **K1<sub>E</sub>: (Re-)structuring Knowledge Using Concept Maps**

A total of 35 out of 48 students (73%) reported that creating concept maps positively influenced their knowledge acquisition

and cognitive structuring. Their responses can be further classified into four subcategories:

##### *K1.1<sub>E</sub>: Knowledge Reactivation*

19 out of the 35 students (54%) noted that creating concept maps helped them reactivate prior knowledge. During the initial concept mapping phase, where students had to integrate approximately 50 predefined keywords into a coherent concept map, some realised they had forgotten certain terms and needed to revisit or research them. Others were familiar with the terms but deepened their understanding of the precise meanings and underlying concepts.

**K1.2<sub>E</sub>: Recognising Conceptual Interlinks**

28 out of the 35 students (80%) explicitly highlighted the value of identifying connections between the keywords. While they were familiar with the individual concepts, the concept mapping helped them better understand how these concepts interrelate within the subject area. As a result, 10 out of the 35 students explicitly stated that they gained a clearer overview of the underlying knowledge network.

**K1.3<sub>E</sub>: Awareness of Knowledge Gaps and Learning Progress**

13 out of the 35 students (37%) made explicit meta-knowledge reflections, stating that the concept mapping process helped them identify and address knowledge gaps. They observed a general improvement and expansion of their knowledge base.

**K2<sub>E</sub>: Peer and Group Discussions**

The impact of peer-learning phases on students' knowledge development was mentioned in 35 out of 48 statements (73%), which can be categorised as follows:

**K2.1<sub>E</sub>: Error Recognition and Correction**

10 out of the 35 students (29%) stated that peer discussions about their concept maps helped them identify and correct their own misconceptions.

**K2.2<sub>E</sub>: Awareness of Knowledge Gaps**

11 out of the 35 students (31%) reported that peer discussions helped them recognise gaps in their understanding, prompting further learning.

**K2.3<sub>E</sub>: Deepened Subject Engagement and Perspective Change**

24 out of the 35 students (69%) emphasised that peer exchange encouraged a deeper engagement with their subject knowledge. 13 out of the 35 particularly valued the perspective shift they experienced through discussion.

**K3<sub>E</sub>: Breaking Down Disciplinary Boundaries Through Core Ideas and Basic Concepts**

Since the overarching goal of the iterative concept mapping process was to develop a well-interlinked chemistry knowledge base (PRCK), the derivation of cross-disciplinary core ideas played a central role. To facilitate this abstraction process, students were introduced to the Basic Concepts as a structural aid. 37 out of 48 students (77%) reported significant learning gains from this abstraction process.

Their reflections consistently emphasised that the Basic Concepts helped structure content, recognise overarching conceptual connections, and break down subdisciplinary boundaries. As a result, students were able to identify core ideas and construct a comprehensive knowledge network in the sense of PRCK.

Due to the homogeneous structure of the responses, further subcategorization was not necessary.

**K4<sub>E</sub>: General Effects on Prospective chemistry teachers' Knowledge and Future Teaching**

Given that one of the broader objectives of the iterative concept mapping process was to facilitate the integration of university-acquired content knowledge with PRCK for school teaching, K4<sub>E</sub> examines this overall impact of the approach. 36 out of 48 students (75%) made statements relevant to this category, which can be divided into two subcategories:

**K4.1<sub>E</sub>: Personal Knowledge Development**

22 out of the 32 students (69%) described a positive impact on their own knowledge acquisition. They particularly highlighted the increased interlinking of knowledge across different levels and the closure of knowledge gaps.

**K4.2<sub>E</sub>: Relevance to Future Teaching**

24 out of the 32 students (75%) reported that the iterative concept mapping method could be beneficial for their own future teaching.

15 out of the 24 students (63%) stressed the importance of coherent and interconnected chemistry instruction in schools.

**K5: Points of criticism**

Despite the numerous reported benefits of the iterative concept mapping approach for knowledge interlinking and PRCK development, seven students (15%) expressed critical perspectives. Since these critical statements are to be considered in a broader context, and do not align with the existing categories, they were compiled into a separate category (K<sub>5</sub>). Notably, four of the seven students belonged to two peer groups, meaning that in each case, both group members expressed critique.

**Peer group 1:**

RB\_22S: "I did not gain significant added value from the collaborative creation of the group concept map."

RB\_22S: "The group concept map provided me with some ideas for making connections. However, it did not help me close my knowledge gaps; on the contrary, it left me feeling even more uncertain."

MZ\_22S: "However, in my opinion, the work attitude and team interaction aimed at achieving shared results were very challenging."

**Peer group 2:**

YS\_22S: "However, I must say that creating the structure did not provide me with any significant new insights."

AL\_22S: "I did not gain significant subject-related insights from creating the group concept map. For me, it was merely a simple repetition, during which mutual communicative validation of our structures and understanding of the subject areas took place."

AL\_22S: "Nevertheless, it is unlikely that the concept map will have a significant impact on my personally established overarching categories. As previously mentioned, the subdivision based on (or the enforced reference to) the highly general

fundamental concepts complicate some important logical connections.”

*Additional criticism:*

FF\_22S: “I found the creation of the group concept map to be of little benefit to my personal learning progress, as it only partially represents my own knowledge network.”

FS\_22S: “Initially, the discussion on the subject matter was less in-depth than I had expected, as we quickly reached a consensus within the group regarding the content.”

TG\_22S: “Unfortunately, the selected methods did not achieve the desired level of interconnectedness. Instead, they revealed gaps that need to be addressed in the future.”

## Discussion

In summary, the participating students perceived significant added value in the iterative concept mapping process implemented within the teaching-learning module. Their reflections indicate a positive impact on both knowledge interlinking and meta-knowledge, suggesting long-term benefits on their future teaching practice.

A comparison of the content-structuring qualitative text analysis results with the objectives of the teaching-learning module and existing research literature reveals a strong alignment.

Students explicitly recognised the beneficial influence of concept mapping on their (conceptual) content knowledge and meta-knowledge, with their statements directly echoing aspects discussed in the literature (Cf. Theoretical Framework). A student summed up the influencing factors on the learning effect as postulated in previous research concisely: “*Concept maps offer a valuable way to explore subject areas, as they require a detailed engagement with the topic. Throughout the development process, questions continuously arise, and finding solutions to these questions leads to a deeper understanding.*” (LH\_23S). The individual influencing factors are also reflected in the inductively formed subcategories K1.1<sub>E</sub> to K1.3<sub>E</sub>, demonstrating that the effects predicted in the literature are observed in practice during concept mapping and perceived as positive by the students. Beyond these effects, three students also highlighted the added value of the combined verbal and visual representation, reinforcing findings by Kirschner and Hendrick (2020): “*However, a combination of textual information (reviewing concepts, etc.) and visual connections (arrows and their labels) proved to be helpful, as it allowed for better knowledge retention and facilitated new cognitive processing.*” (MP\_23W) Accordingly, concept mapping facilitates supports the reactivation of content knowledge (objective 1) as well as the formation of connections that extend beyond disciplinary boundaries (objective 2).

As anticipated based on prior research (Cf. Theoretical Framework) peer group discussions further amplified the positive effects of concept mapping by helping students identify knowledge gaps and misconceptions while fostering deeper engagement with the subject matter: “*My fellow students were able to activate and refresh my content knowledge through the explanation of their concept maps. This allowed us to ask each*

*other questions and solve problems together. Through critique and suggestions for improvement, the individual concept maps were refined, and both subject-specific and conceptual knowledge were continuously expanded.*” (RL\_23W). The inductively formed subcategories K2.1<sub>E</sub> – K2.3<sub>E</sub> precisely reflect the influencing factors based on existing literature. One student even highlighted the key advantage of peer review over comparison with the expert concept map aligning with findings from Schwendimann and Linn (2016): “*During the creation of the concept map and the discussions that arose, fewer definitions were clarified, and more emphasis was placed on the interconnections between concepts.*” (TM\_22S).

It can therefore be concluded that the integration of concept mapping with peer/group discussion successfully fulfilled its objectives by identifying knowledge and connectivity gaps (Objective 4), overcoming disciplinary boundaries (Objective 2), and thus promoting PRCK (Objective 5).

Furthermore, the results highlight the significant role of structuring aids, such as the Basic Concepts, in facilitating abstraction and conceptual development of subject content (objective 3): “*With regard to situating my topic within the overall chemical context, the division into fundamental concepts helped me realise that topics can be interconnected based on these concepts.*” (MK\_22S). This suggests that the iterative concept mapping process appropriately supports the transformation of isolated content knowledge into a well-interlinked PRCK (objective 5): “*For my knowledge gain, the three-step process – from individual concept mapping to group concept mapping to structuring based on the Basic Concepts – was helpful in that it transitioned from collection, organisation, and preliminary considerations to deeper reflection and classification of specific concepts. This, in turn, led to a step back and a renewed awareness of the underlying core concepts.*” (LJ\_22S). Additionally, students’ meta-reflections suggest that this knowledge transformation will also influence their personal professionalisation, particularly regarding chemistry teaching at school: “*This approach is particularly important for teaching in schools, as it enables the structured delivery of content knowledge. I will incorporate the concept mapping method into my own lessons to help students grasp especially complex topics and to convey the connections within the respective subject matter.*” (AK\_23W).

The critical reflections expressed by some students offer valuable insights for evaluating the teaching-learning module. These critiques highlight both obstacles and limitations, many of them in align with challenges previously already discussed in the literature. One student (FS) noted that he derived limited benefit from peer discussion, as it was characterised by rapid consensus formation. Two possible explanations can account for this: First, the individual concept maps and, consequently, the knowledge structures of the peers may have already been highly similar, leading to fewer discussion points. Second, the hesitation to offer peer criticism – as outlined by Schwendimann and Linn (2016) – may have been contributing factor, allowing misconceptions to persist due to unnoticed errors. Since the student perceived the lack of discussion as a drawback, the second explanation appears more plausible.

Another student (FF) expressed concerns that his individual knowledge structures were not sufficiently integrated into the group concept mapping development. His peer group consisted of three students, and it is likely that the other two group members, due to similar knowledge networks, reached a consensus quickly, limiting his involvement. This suggests that, from the perspective of planning and supervision of group discussion, it is essential to ensure active participation by favouring smaller groups (e.g. pairs), and by encouraging structured engagement from all students.

The statements from the two peer groups provide particularly valuable insights, as their prior knowledge levels differed significantly. Peer group 1 comprised two lower-achieving students with limited prior content knowledge (Cf. Supplementary Information p. 8, ff.). Both students exhibited significant gaps already in pure factual knowledge, resulting in weak knowledge interlinking (Cf. Prewitz and Groß, 2025). This impacted the effectiveness of the peer discussion, with one student (RB) reporting that it led to greater uncertainty rather than clarification. MZ further noted that reaching shared results was challenging. This underscores the importance of a solid content knowledge base to fully benefit from the iterative concept mapping process.

In contrast, Peer group 2 consisted of high-achieving students who already possessed extensive PRCK before the iterative concept mapping process (Cf. Supplementary Information p. 11, ff.). These students found the structured approach counterproductive, as their self-assessed “well-developed PRCK” did not require extensive restructuring. Instead, these students were already capable of independently expanding their knowledge network. This aligns with the findings of Schroeder *et al.* (2018). Finally, TG critiqued the module stating that while it helped identifying knowledge gaps, it did not sufficiently address them. This observation, also noted by Peer group 1, suggests that iterative concept mapping is well suited for interlinking knowledge and closing minor gaps but cannot compensate for major content knowledge deficiencies. Nevertheless, recognising these gaps is still valuable, as it enables students to address them independently.

Overall, the low number of critical reflections suggests that the iterative concept mapping approach is well-suited for students across most performance levels. However, additional support measures could be introduced for lower-achieving students during the initial concept mapping phase to prevent cognitive overload. The criticism from the high-performing students, who stated that the concept mapping process did not add personal value, requires a nuanced interpretation. While they reported that the peer/group discussions primarily validated their existing knowledge, this validation also reinforced the accuracy and comprehensiveness of their knowledge network, confirming both their subject mastery and self-assessment.

In summary, regarding the research question, the findings support the suitability of the iterative concept mapping as a method for enhancing knowledge interlinking, fostering professionalisation, and preparing future teachers for the challenges of school-based chemistry instruction.

## Conclusions

Based on a qualitative study, our findings highlight two key aspects: First, the widely assumed positive effects of concept mapping, when combined with peer/group discussions and prompted written (meta-)reflection through process portfolios (Cf. Theoretical Framework) are not only theoretically supported but also explicitly recognised by the participants themselves, leading to a perceived increase in content knowledge. Second, our results indicate that the specific iterative approach, with its progressively increasing level of abstraction, helps students build a comprehensive, well-structured and interlinked knowledge network. This, in turn, facilitates the development of PRCK, which we consider essential for transferring university-acquired content knowledge to school-teaching and for bridging the perceived gap (discontinuity) in the chemistry teacher education. A strong integration of university-acquired content knowledge, alongside the dissolution of rigid disciplinary boundaries, is therefore crucial in supporting students during the transition from academic study to school teaching practice. Ideally, this integration should be implemented through dedicated courses – such as those modelled on our prototype – or, even more effectively, embedded directly within university content knowledge instruction (Smeby and Heggen, 2014). Consequently, we strongly recommend using concept mapping for knowledge interlinking, combining it with peer/group discussion, incorporating meta-level reflection, and providing structuring aids to enhance learning outcomes.

## Limitations

Several limitations arise from the study design. The data rely on prospective chemistry teachers' subjective perspectives, meaning that objective insights into the actual knowledge transformation cannot be directly inferred. A more objective analysis would require examining work products, such as concept maps (Ruiz-Primo, 2004; Choudhary, 2022). Additionally, only two school-related content areas were included in the concept mapping cycles, meaning that the qualitative findings should be considered illustrative rather than exhaustive. Expanding the study to cover additional content areas would be necessary for drawing generalisable conclusions. Furthermore, as Ruiz-Primo and Shavelson (1996) have noted “[...] maps are limited in providing information about what students are able to do with their knowledge in a certain domain.” This limitation also applies to our study. While we were able to demonstrate that students perceive an improvement in their personal PRCK, we cannot determine, based on the data presented here, whether this improvement translates into their future teaching practice or proves beneficial in that context. Consequently, we cannot conclusively assess whether our objective of supporting knowledge transformation from university to school teaching has been achieved. To address this, evaluating real teaching settings is necessary – a goal we hope to pursue through micro-teaching sessions also integrated into the teaching-learning module. Finally, due to the qualitative research design and the single-university sample, the findings cannot be considered universally

applicable. However, given the consistency of our results with numerous other studies (CF. Theoretical Framework), it is reasonable to assume that these results are largely transferable.

### Author contributions

Niklas Prewitz: conceptualization, formal analysis, investigation, methodology, visualization, writing – original draft

Katharina Groß: conceptualization, investigation, methodology, supervision, writing – review & editing

### Conflicts of interest

“There are no conflicts to declare”.

### Data availability

All relevant data generated and analysed during this study are included in the article. Further supporting materials are available in the Supporting Information (Anhang IV.II, S. 156 ff.). However, due to ethical considerations and the need to protect the privacy and confidentiality of participants, the raw qualitative data, which includes personal information, cannot be shared.

### References

- Anastasiou D., Wirngo C. N. and Bagos P., (2024), Correction: The Effectiveness of Concept Maps on Students' Achievement in Science: A Meta-Analysis, *Educ Psychol Rev*, **36**(2).
- Aronson E., Blaney N., Stephan C., Sikes J. and Snapp M., (1978), *The Jigsaw classroom*, Beverly Hills: SAGE Publications Ltd.
- Ausubel D. P., (1963), *The psychology of meaningful verbal learning*, Oxford, England: Grune & Stratton.
- Baumert J. and Kunter M., (2013), in Kunter M., Baumert J., Blum W., Klusmann U., Krauss S. and Neubrand M. (eds.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers*, Boston, MA: Springer US, pp. 25–48.
- Beall H. and Prescott S., (1994), Concepts and Calculations in Chemistry Teaching and Learning, *J. Chem. Educ.*, **71**(2), 111.
- Cardellini L., (2004), Conceiving of Concept Maps To Foster Meaningful Learning: An Interview with Joseph D. Novak, *J. Chem. Educ.*, **81**(9), 1303.
- Choudhary F., (2022), Concept Maps as an Effective Formative Assessment Tool in Biology at the Secondary Level, *JoEED*, **9**(1).
- Clark D. B. and Sampson V., (2008), Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality, *J. Res. Sci. Teach.*, **45**(3), 293–321.
- Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards (CCF), (2012), *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, Washington, D.C.: National Academies Press.
- Davis E. A., (2003), Prompting Middle School Science Students for Productive Reflection: Generic and Directed Prompts, *Journal of the Learning Sciences*, **12**(1), 91–142.
- Enyedy N., (2005), Inventing Mapping: Creating Cultural Forms to Solve Collective Problems, *Cognition and Instruction*, **23**(4), 427–466.
- Eshuis E. H., Vrugte J. ter and Jong T. de, (2022), Supporting reflection to improve learning from self-generated concept maps, *Metacognition Learning*, **17**(3), 691–713.
- Ge X. and Land S. M., (2003), Scaffolding students' problem-solving processes in an ill-structured task using question prompts and peer interactions, *ETR&D*, **51**(1), 21–38.
- Gleaves A., Walker C. and Grey J., (2008), Using digital and paper diaries for assessment and learning purposes in higher education: a case of critical reflection or constrained compliance?, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, **33**(3), 219–231.
- Guest G., MacQueen K. and Namey E., (2012), *Applied Thematic Analysis*, 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: SAGE Publications, Inc.
- Hamza K. M. and Wickman P.-O., (2013), Student Engagement with Artefacts and Scientific Ideas in a Laboratory and a Concept-Mapping Activity, *International Journal of Science Education*, **35**(13), 2254–2277.
- Harlen W. (ed.), (2015), *Working with big ideas of science education*, Trieste, Italy: Science Education Programme of IAP.
- Hennink M. M. and Leavy P., (2014), *Understanding Focus Group Discussions*, Oxford University Press.
- Kao G., Lin S. and Sun C., (2008), Breaking concept boundaries to enhance creative potential: Using integrated concept maps for conceptual self-awareness, *Computers & Education*, **51**(4), 1718–1728.
- Keppell M., Au E., Ma A. and Chan C., (2006), Peer learning and learning-oriented assessment in technology-enhanced environments, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, **31**(4), 453–464.
- Kirschner P. A. and Hendrick C., (2020), *How learning happens: Seminal works in educational psychology and what they mean in practice*, Routledge.
- Kleickmann T., Richter D., Kunter M., Elsner J., Besser M., Krauss S. and Baumert J., (2013), Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge, *Journal of Teacher Education*, **64**(1), 90–106.
- Kori K., Pedaste M., Leijen Ä. and Mäeots M., (2014), Supporting reflection in technology-enhanced learning, *Educational Research Review*, **11**, 45–55.

- Krathwohl D. R., (2002), A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview, *Theory Into Practice*, **41**(4), 212–218.
- Kuckartz U., (2014), *Qualitative Text Analysis: A Guide to Methods, Practice & Using Software*, 1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1SP United Kingdom: SAGE Publications Ltd.
- Kunina-Habenicht O., Schulze-Stocker F., Kunter M., Baumert J., Leutner D., Förster D., Lohse-Bossenz H. and Terhart E., (2013), The significance of learning opportunities in teacher training courses and their individual use for the development of bildungswissenschaftlichen Wissens, *Zeitschrift für Pädagogik*, **59**(1), 1–23.
- Kunter M., Kleickmann T., Klusmann U. and Richter D., (2013), in Kunter M., Baumert J., Blum W., Klusmann U., Krauss S. and Neubrand M. (eds.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers*, Boston, MA: Springer US, pp. 63–77.
- Kunter M., Klusmann U., Baumert J., Richter D., Voss T. and Hachfeld A., (2013), Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development, *Journal of Educational Psychology*, **105**(3), 805–820.
- Lew M. D. N. and Schmidt H. G., (2011), Self-reflection and academic performance: is there a relationship?, *Advances in health sciences education : theory and practice*, **16**(4), 529–545.
- Lorentzen J., (2020), *Entwicklung und Evaluation eines Lerngebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens*, Berlin: Logos Verlag.
- Ministerium für Schule und Bildung NRW (MSB NRW), (2019), *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen*, Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Bildung NRW (MSB NRW), (2022), *Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II - Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen*, Frechen: Ritterbach.
- Nesbit J. C. and Adesope O. O., (2006), Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis, *Review of Educational Research*, **76**(3), 413–448.
- Novak J. D., (2002), Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners, *Sci. Ed.*, **86**(4), 548–571.
- Novak J. D., (2005), Results and Implications of a 12-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning, *Res Sci Educ*, **35**(1), 23–40.
- Novak J. D. and Cañas A. J., *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them*, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01, Florida, (2008).
- O'Rourke R., (1998), The Learning Journal: from chaos to coherence, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, **23**(4), 403–413.
- Parchmann I., Herzog S. and Terda M., (2018), Formation of Basic Concepts of Chemistry Education in Germany, *Journal of Science Education in Japan*, **42**(2), 65–72.
- Prewitz N. and Groß K., (2025), The Importance of a Horizontal Interlinking Dimension in Content Knowledge for Chemistry Teacher Education, *J. Chem. Educ.*, **102**(8), 3197–3206
- Reinmann G., (2005), Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based-Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung, *Unterrichtswiss*, **33**.
- Renkl A., Mandl H. and Gruber H., (1996), Inert knowledge: Analyses and remedies, *Educational Psychologist*, **31**(2), 115–121.
- Rogers R. R., (2001), Reflection in Higher Education: A Concept Analysis, *Innovative Higher Education*, **26**(1), 37–57.
- Romero C., Cazorla M. and Buzón O., (2017), Meaningful learning using concept maps as a learning strategy, *J. Technol. Sci. Educ.*, **7**(3), 313.
- Ruiz-Primo M., (2004), in Cañas A. J., Novak J. D. and González García F. M. (eds.), *Concept maps: Theory, methodology, technology: proceedings of the first International Conference on Concept Mapping, CMC 2004, Pamplona, Spain, Sept 14-17, 2004*, [Pamplona]: Dirección de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra, pp. 555–562.
- Ruiz-Primo M. A. and Shavelson R. J., (1996), Problems and issues in the use of concept maps in science assessment, *J. Res. Sci. Teach.*, **33**(6), 569–600.
- Schroeder N. L., Nesbit J. C., Anguiano C. J. and Adesope O. O., (2018), Studying and Constructing Concept Maps: a Meta-Analysis, *Educ Psychol Rev*, **30**(2), 431–455.
- Schwendimann B. A. and Linn M. C., (2016), Comparing two forms of concept map critique activities to facilitate knowledge integration processes in evolution education, *J. Res. Sci. Teach.*, **53**(1), 70–94.
- Semilarski H., Soobard R., Holbrook J. and Rannikmäe M., (2021), Exploring The Complexity of Student-Created Mind Maps, Based On Science-Related Disciplinary and Interdisciplinary Core Ideas, *Int J Env Sci Ed*, **17**(1), e2227.
- Smeby J.-C. and Heggen K., (2014), Coherence and the development of professional knowledge and skills, *Journal of Education and Work*, **27**(1), 71–91.
- van Loon M. H., (2019), in McGrath S., Mulder M., Papier J. and Stuart R. (eds.), *Handbook of Vocational Education and Training*, Cham: Springer International Publishing, pp. 1–20.
- Wu H.-H., (2011), The Mis-Education of Mathematics Teachers, *Notices of the American Mathematical Society*, **58**(3), 372–384.

Die empirischen Befunde aus Artikel 2 verdeutlichen, dass das spezifische Vorgehen in Modulphase 1 aus Sicht der angehenden Lehrkräfte zu einer Förderung der Wissensvernetzung hin zum PRFW beiträgt. Damit kann das entwickelte Design als geeignet zum Erreichen der Zielsetzungen 1 und 2 (S. 52 f.) angesehen werden und es steht zu erwarten, dass die angehenden Lehrkräfte nach Abschluss von Modulphase 1 sowohl über ein umfassendes, mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit vernetztes Fachwissen (Zielsetzung 1 und 2, S. 52 f.) als auch über ein Metawissen in Bezug auf den Vernetzungsprozess (mögliches Vorgehen sowie Bedeutung der Wissensvernetzung für die Schaffung einer Anschlussfähigkeit an die spätere Lehrtätigkeit – Zielsetzung 4, S. 52) verfügen. In Bezug auf das RCM (Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.) kann dies als notwendige pPCK-Wissensbasis für die aktive Lehrtätigkeit angesehen werden.

Die sich anschließende Modulphase 2 dient dem Übertrag des persönlichen Wissens (pPCK) in die Anwendung in aktiven Lehrsituationen (ePCK) (Zielsetzung 3, S. 52). Nur, wenn es den angehenden Lehrkräften gelingt, das PRFW im Prozess der Planung, Durchführung und Reflexion des Unterrichts zur Anwendung zu bringen bzw. dieses zu nutzen, hat dies positive Auswirkungen auf das Professionswissen der angehenden Lehrkräfte. Andernfalls riskiert auch das PRFW, zu einem trägen Wissen (Renkl, 1996) zu werden. Gleichzeitig soll im Rahmen von Modulphase 2 auch Zielsetzung 4 (S. 52) weiter fokussiert werden, indem die angehenden Lehrkräfte die Aufgabe erhalten, ihr bestehendes PRFW-Wissensnetz eigenständig um neue Fachinhalte zu ergänzen und damit auszuweiten. Durch das vernetzte Erschließen eines neuen Fachinhalts wenden sie dabei das erlernte Metawissen bzgl. des Vorgehens zur Fachwissenstransformation hin zum PRFW eingeständig auf neue Inhalte an und können dieses somit weiter ausbauen. Gleichzeitig reflektieren sie den aktuellen Wissensstand und identifizieren mögliche Weiterentwicklungspotentiale.

## **4.5 Design Modulphase 2**

Modulphase 2 fokussiert den Transfer des im Rahmen von Modulphase 1 transformierten PRFW in die aktive Lehrtätigkeit und zeichnet dabei im Sinne des RCM den Gang vom pPCK zum ePCK nach (vgl. Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.). Soll das PRFW den gewünschten Beitrag zur Professionalisierung der angehenden Lehrkräfte leisten, ist es bedeutsam, dass es auch im Prozess der Lehrplanung und -durchführung Anwendung findet und es den angehenden Lehrkräften durch die Verknüpfung der Schulwissensinhalte mit dem dahinterstehenden Erklärungs- und Begründungswissen so

ermöglicht, das zu lehrende Fachwissen vollumfänglich zu verstehen. Andernfalls riskiert auch das PRFW, zu einem trägen Wissen (Renkl, 1996) zu werden. Damit adressiert Modulphase 2 vor allem Zielsetzung 3 (S. 52); aber auch Zielsetzung 4 (S. 52) soll im Rahmen von Modulphase 2 weiter fokussiert werden.

Um den aktiven Umgang mit dem PRFW und damit den Transfer des pPCK zum ePCK möglichst realitätsnah einzuüben, wird der Prozess der Lehrplanung, -durchführung und -reflexion im Rahmen von Microteachings (Klinzing, 2002) simuliert.

Microteachings werden in unterschiedlichen Varianten eingesetzt und sind nicht einheitlich definiert. Grundsätzlich handelt es sich jedoch stets um ein Trainingsverfahren zur Simulation von Lehrprozessen in „Laborsituationen“ und ist damit nach Klinzing (2002) gekennzeichnet durch folgende Elemente: „Vermittlung theoretischen Hintergrundwissens, Methoden zur kognitiven Aneignung spezifischen Verhaltens und praktische Übungen in experimentellen Settings mit Feedback.“ (Klinzing, 2002, S. 196).

Damit stellen Microteachings effektive Trainingssituationen zur Aneignung von lehrbezogenem Zielverhalten dar (Klinzing, 2002), fördern eine tiefe Auseinandersetzung mit Fachinhalten (Notwendigkeit eines tiefgehenden Verständnisses der Fachinhalte, um diese als Lehrinhalte im Microteaching lernwirksam vermitteln zu können) und steigern die Fähigkeit zur Selbstreflexion sowie die Metakognition durch einen umfangreichen Feedback- und Reflexionsprozess (Stigmar, 2016). Darüber hinaus leisten sie einen Beitrag zur Kohärenzsteigerung der Lehrkräftebildung, indem sie die Lücke zwischen Theorie und Lehrpraxis überbrücken (Mukuka & Alex, 2024) – sowohl durch den Transfer universitär erworbenen Fachwissens in die Lehrpraxis als auch durch die praktische Anwendung fachdidaktischen Wissens im Prozess der Planung, Durchführung und Reflexion von Lehreinheiten (vgl. Kapitel 4.1.2.2, S. 44 ff.). Insgesamt kann in Microteachings somit ein „[...] powerful professional development tool [...]“ (Mukuka & Alex, 2024, 9) gesehen werden.

Klinzing (2002) unterscheidet – je nach Adressatengruppe – zwei Grundtypen des Microteachings im Kontext der Lehrkräftebildung: Das klassische Microteaching, in welchem Kleingruppen von Schüler:innen die Adressat:innen des Microteachings darstellen, und das Peerteaching, in welchem die Schüler:innen durch Kommiliton:innen der angehenden Lehrkräfte ersetzt werden. Während beim klassischen Microteaching somit ein klarer Wissensgradient zwischen Lehrenden und Lernenden vorliegt, verfügen die Adressat:innen des Peerteachings über ein vergleichbares (professionsbezogenes) Wissen wie die Lehrenden (Klinzing, 2002; Stigmar, 2016). Damit liegt das

Peerteaching zwar weniger nah an realen unterrichtlichen Lehrsituationen, durch das hohe Lehrerprofessionswissen der Adressat:innengruppe, wird jedoch ein umfassender Peerfeedbackprozess ermöglicht, den ein klassisches Microteaching in diesem Umfang nicht bieten kann (Stigmar, 2016). Bezüglich der Reflexion bzw. Evaluation des eigenen Lehrverhaltens und dem Ableiten möglicher persönlicher Verbesserungspotentiale (Metakognition) können die angehenden Lehrkräfte von dem umfassenden Feedback der Kommiliton:innen im Rahmen des Peerteachings besonders profitieren, da diese als angehende Lehrkräfte selbst Experten für das Lehren und Lernen darstellen (KMK, 2000) und somit mögliche Probleme gezielter wahrnehmen und auf fachliche bzw. fachdidaktische Prinzipien zurückführen können (Mukuka & Alex, 2024; Stigmar, 2016). Peerteachings sind jedoch nicht nur eine effektive Lerngelegenheit für die Lehrenden, auch die Lernenden profitieren im Peerteaching von der eingenommenen Rolle, die ihnen ermöglicht, den Lehr-/Lernprozess aus der Lernendenperspektive zu betrachten, also die Rolle der späteren Schüler:innen einzunehmen, und die Lehrsituation aus dieser heraus zu reflektieren, was ihnen mit Blick auf ihre spätere Lehrtätigkeit hilft, die Adressatenperspektive umfassender zu verstehen (Stigmar, 2016).

Mit Blick auf die Zielsetzung von Modulphase 2 wird das Microteaching aus diesem Grund in Form eines Peerteachings durchgeführt (vgl. Kapitel 5, S. 82 ff.). Die Kommiliton:innen nehmen somit eine Doppelrolle ein: Auf der einen Seite stellen sie die Adressat:innen der Lehreinheit dar und erlernen dabei neue Fachwissensinhalte, auf der anderen Seite können sie den Lehrprozess auf Basis ihres eigenen professionsbezogenen Wissens umfassend evaluieren und den Lehrkräften zielführendes Feedback in Bezug auf mögliche lehrbezogene Verbesserungspotentiale geben. Darüber hinaus rücken auf Grund der äquivalenten Fachwissensbasis von Lehrenden und Lernenden Aspekte der fachdidaktischen Transformation (Reiners, 2022) (insbesondere der Reduktion (Risch & Pfeifer, 2018)) in den Hintergrund des Planungsprozesses, wodurch der Fokus bei der Microteaching-Vorbereitung stark auf der Fachinhaltsebene und damit dem Transfer bzw. der Anwendung des PRFW liegen kann.

Um auch die Befähigung zur eigenständigen Weiterführung der Fachwissenstransformation hin zum PRFW (Modulphase 1) und damit den Metawissenserwerb entsprechend Zielsetzung 4 (S. 52) im Rahmen von Modulphase 2 weiter fördern zu können, werden als Fachinhalte für die Microteachings bewusst Themen aus dem Bereich der Organischen Chemie (bzw. anteilig der Biochemie) gewählt, da dieser Fachbereich im Rahmen von Modulphase 1 noch nicht transformiert wurde. Die gewählten

Fachinhalte sind den angehenden Lehrkräften darüber hinaus nicht aus ihrem Studium bekannt, sondern stellen aktuelle Forschungsfelder der Subdisziplin an der Universität zu Köln dar. Bei der Wahl der unbekannteren Fachinhalte wurde darauf geachtet, dass diese den angehenden Lehrkräften zwar unbekannt sind, jedoch auf universitär erworbenem Fachwissen aus der Subdisziplin der Organischen Chemie (bzw. anteilig der Biochemie) beruhen, sodass es den angehenden Lehrkräften möglich ist, diese auf Basis ihres universitär erworbenen Fachwissens vollumfänglich zu erschließen. Konkret wurden die Forschungsthemen *Synthese fluorfreier Spezialtenside* (Blunk et al.) (Basische: Veresterung, (Williamson-)Ethersynthese) und *(Synthese und) Einsatz unnatürlicher Nukleotide zur kovalenten RNA-Markierung* (Kath-Schorr et al.) (Basische: (inverse electron-demand) Diels-Alder-Reaktion (iEDDA)) gewählt. Jeweils die Hälfte der angehenden Lehrkräfte erarbeitet einen der beiden Fachinhalte (vgl. Kapitel 5, S. 82 ff.). Zur Erschließung des Themas erhalten die angehenden Lehrkräfte zwei Fachartikel: Einen Übersichtsartikel über das jeweilige Forschungsfeld, der die grundlegenden organisch-chemischen Fachinhalte wiedergibt (Blunk et al., 2006; Depmeier et al., 2021), sowie je einen spezifischen Fachartikel zu den konkreten Forschungsprojekten (Eggert & Kath-Schorr, 2016; Hetzer et al., 2014). Die angehenden Lehrkräfte erhalten die Aufgabe, sich die Fachinhalte umfassend zu erschließen und zu ihrem universitär erworbenen, organisch-chemischen Grundwissen in Bezug zu setzen. Darüber hinaus ist auch eine Vernetzung zum bereits transformierten PRFW vorzunehmen, sodass dieses um die Aspekte der Organischen Chemie ergänzt wird. Anders als in Modulphase 1 wird hierzu keine spezifische Methode vorgegeben. Dies soll es den angehenden Lehrkräften ermöglichen, andere Methoden zur vernetzten Erschließung neuer Fachinhalte auszuprobieren. Als finales Produkt ist jedoch auch hier eine Concept Map zu erstellen, um die herausgearbeiteten Bezüge visuell darzustellen. Durch die eigenständige Erschließung des neuen Fachinhalts können die angehenden Lehrkräfte ihr Metawissen um die Wissenstransformation hin zum PRFW zur Anwendung bringen und ihre eigenen Kompetenzen in dieser Hinsicht evaluieren und ausbauen. Eine hohe Vernetzungskompetenz ist dabei mit Blick auf den Professionalisierungsprozess der angehenden Lehrkräfte von hoher Bedeutung, da im Rahmen des Lehr-/Lern-Moduls aus zeitlichen Gründen nur exemplarische Fachinhalte zum PRFW transformiert werden können. Die Ausweitung der Fachwissenstransformation auf weitere Fachinhalte zur Schaffung eines umfassenden PRFW muss anschließend durch die angehenden Lehrkräfte selbst erfolgen – insbesondere auch langfristig mit Blick

auf die persönliche Weiterqualifikation. Nur, wenn die angehenden Lehrkräfte dazu befähigt werden, ihr PRFW stetig zu erweitern, zu reflektieren und zu überarbeiten, zeigt das Lehr-/Lern-Modul langfristige Effekte hinsichtlich der Unterstützung der (angehenden) Lehrkräfte im Prozess ihrer Professionalisierung.

Der Prozess der Planung, Durchführung und Reflexion der Microteachings wird erneut durch eine strukturierte Reflexion der Erfahrungen in den Prozessportfolios (vgl. Kapitel 3.4.1.2, S. 32 f.) begleitet, um den angehenden Lehrkräften eine fokussierte Evaluation ihrer Kompetenzen und das begründete Ableiten möglicher Verbesserungspotentiale zu ermöglichen und sich ihres eigenen Lernprozesses bewusst zu werden (vgl. Kapitel 4.4, S. 62 ff.). Die Reflexion der Microteaching-Einheiten selbst ist dabei an die Vorgaben des Referendariats angelehnt und beruht auf einer schriftlichen Selbstreflexion der Lehrenden, einem schriftlichen Feedback durch die Lernenden, sowie einer mündlichen Abschlussreflexion (vgl. Kapitel 5, S. 82 ff. sowie Anhang IV.III, S. 169 ff.). Im Rahmen der Prozessportfolios werden die verschiedenen Reflexions- bzw. Evaluationsprodukte vergleichend diskutiert, die angehenden Lehrkräfte beziehen kritisch Stellung zu der Güte der Microteaching-Einheit und leiten mögliche Verbesserungspotenziale begründet ab.

#### **4.6 Erste Evaluation und mögliches Re-Design von Modulphase 2**

Auf Grund der Fokussierung auf die Konzeption und Evaluation des iterativen Concept Mapping-Verfahrens und damit Modulphase 1, deren Zielsetzung der Transformation des universitär erworbenen Fachwissens hin zum PRFW als notwendige Voraussetzung für Modulphase 2 und damit den aktiven Umgang mit dem PRFW im Prozess der Unterrichtsvorbereitung und -durchführung angesehen werden kann (Notwendigkeit einer umfassenden pPCK Wissensbasis für den aktiven Lehrprozess – ePCK, vgl. Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.), konnte Modulphase 2 im zeitlichen Rahmen des Promotionsprojekts nicht umfassend evaluiert und damit keinem empirisch gestützten Re-Design unterzogen werden. Als mögliche Evaluationsinstrumente ständen hier erneut die Prozessportfolios (vgl. Kapitel 3.4.1.2, S. 32 f.) zur Verfügung, in welchen die angehenden Lehrkräfte ihre Planung und Durchführung der Microteaching-Einheiten angeleitet reflektieren. Darüber hinaus wurden die Microteaching-Sitzungen videografiert (vgl. Kapitel 3.4.3, S. 35 f.), um die Anwendung des PRFW in den aktiven Lehrsituationen analysieren zu können.

#### **4.6.1 Evaluation der gewählten Erhebungsinstrumente**

Bei einer ersten Durchsicht der Prozessportfolios zeigte sich, dass die gewählten Reflexionsprompts in Modulphase 2 (vgl. Anhang I.III, S. 138) als wenig zielführend zu bewerten sind. So wird durch die verwendeten Prompts der Fokus vor allem auf die Evaluation der Durchführung der Microteaching-Einheiten gelegt und nicht auf den dahinterstehenden Planungsprozess (vgl. Anhang I.III, S. 138 f.). Da jedoch zu erwarten ist, dass das PRFW als Wissen um den Zusammenhang einzelner Fachwissensinhalte und damit die Verknüpfung des umfassenden Erklärungs- bzw. Grundlagenwissens mit den konkreten Lehrinhalten (vgl. Kapitel 4.3, S. 59 ff.) vor allem in der vernetzten Erschließung der neuen Fachinhalte sowie in der Aufbereitung dieser zu Lehrinhalten zum Tragen kommt und die angehenden Lehrkräfte in diesem Prozess unterstützt (Dreher et al., 2023), wäre eine stärkere Fokussierung der Reflexion auf diese Vorbereitungs- bzw. Planungsphase sinnvoll. In Bezug auf das Microteaching selbst ist zu erwarten, dass das PRFW den angehenden Lehrkräften ein flexibleres Agieren in der Lehrsituation (bspw. durch das bessere Erkennen bzw. Nachvollziehen möglicher Verständnisprobleme der Lernenden oder das Ermöglichen alternativer und facettenreicherer Erklärungswege) ermöglicht, da die Lehrkräfte sich selbst der Zusammenhänge der einzelnen Fachinhalte bewusst sind (vgl. Kapitel 4.3, S. 59 ff.). Auch hier wäre eine stärkere Fokussierung der Prompts auf diese Zusammenhänge sinnvoll, da die gewählten Prompts (Anhang I.III, S. 138 f.) eher ein Nacherzählen der Microteaching-Situationen und eine Fokussierung auf didaktische Aspekte als auf den konkreten Umgang mit dem PRFW im Prozess der Planung und Durchführung der Microteachings anregen.

#### **4.6.2 Evaluation des spezifischen Vorgehens**

Obwohl der Aspekt der eigenständigen, vernetzten Erschließung der neuen Fachinhalte und damit das selbstständige Erweitern des PRFW um neue Fachinhalte durch die angehenden Lehrkräfte nicht explizit im Rahmen der Prozessportfolios reflektiert wurde, lassen sich aus den Abschlussevaluationsbögen des Gesamtmoduls (vgl. Kapitel 3.4.1.1, S. 31 ff. sowie Anhang I.IV, S. 140 ff.) erste Einsichten in diesen Prozess gewinnen. Insbesondere mit Blick auf sich ändernde curriculare Vorgaben bzw. schulische Lehrinhalte sowie in Anbetracht dessen, dass im Rahmen des Lehr-/Lern-Moduls nur eine Transformation exemplarischer Fachinhalte erfolgen kann, ist es von großer Bedeutung, dass die angehenden Lehrkräfte die Wissenstransformation hin zum

PRFW auch eigenverantwortlich fortsetzen (können), um so ein umfassendes, vernetztes Fachverständnis (umfassende pPCK-Wissensbasis) zu erlangen. Hierzu ist eine Anwendung des im Rahmen von Modulphase 1 erlernten Metawissens über die Bedeutung der Vernetzung sowie über den Vernetzungsprozess (vgl. Kapitel 4.3, S. 59 ff.) notwendig. Eine erste Anwendungssituation ergibt sich in der eigenständigen Erschließung der neuen Fachinhalte aus dem Bereich der Organischen Chemie in Modulphase 2. Aussagen der angehenden Lehrkräfte im Gesamtevaluationsbogen (vgl. Kapitel 5.1, S. 100 ff.) ermöglichen eine erste Einschätzung darüber, inwieweit ihnen diese selbstverantwortete PRFW-Erweiterung gelingt. Es ist bedeutend zu betonen, dass die Reflexion des vernetzten Erschließens der neuen Fachinhalte und damit der Ausweitung des PRFW auf neue Fachinhalte nicht explizit erfragt wurde (vgl. Anhang I.IV, S. 140 ff.). Dennoch äußerten sich einzelne angehende Lehrkräfte zu diesen Aspekten. Um eine realistische und valide Einschätzung zu erhalten, wäre es notwendig, die Reflexion des Prozesses explizit anzuleiten, um von der Gesamtheit der Teilnehmenden Aussagen zu erhalten.

Die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 5.1 (S. 100 ff.) im Zuge der Auswertung der Abschlussevaluationsbögen.

## **5 Finale Modulkonzeption – Artikel 3: Konzeption und Evaluation eines Lehr-/ Lern-Moduls zur Kohärenzsteigerung der (universitären) Chemielehrkräftebildung**

Der nachfolgende Artikel präsentiert die zum Abschluss des letzten (fünften) Mesozyklus im Wintersemester 2023\_24 finale Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls. Wie zuvor dargelegt, wurde insbesondere Modulphase 1 eines iterativen Re-Designprozesses unterzogen. In Bezug auf Modulphase 2 liegen bisher nur erste Erkenntnisse in Bezug auf notwendige Adaptionen in einem Re-Design vor, welche im zeitlichen Rahmen des Promotionsprojektes jedoch nicht umgesetzt werden konnten. Hier gilt es, diese zukünftig umzusetzen und so auch Modulphase 2 einer iterativen Weiterentwicklung zu unterziehen, um schließlich ein mit Blick auf die übergeordnete Zielsetzung wirksames Lehr-/Lern-Modul zu erhalten. Neben der Vorstellung des finalen Modulkonzepts, die die genaue Beschreibung des spezifischen Vorgehens differenziert nach Sitzungseinheiten sowie die Offenlegung des konzipierten Lehrmaterials umfasst, werden im nachfolgenden Artikel auch die Ergebnisse der Gesamtmodulevaluation basierend auf einem strukturierten Evaluationsbogen dargelegt, mittels dem das Modul im Hinblick auf die zu Grunde liegende Zielsetzung evaluiert wird.



# Konzeption und Evaluation eines Lehr-/Lern-Moduls zur Kohärenzsteigerung der (universitären) Chemielehrerbildung

Niklas Prewitz<sup>1,\*</sup> & Katharina Groß<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Universität zu Köln

\* Kontakt: Universität zu Köln

Institut für Chemiedidaktik

Herbert-Lewin-Straße 2, 50931 Köln

Mail: [niklas.prewitz@uni-koeln.de](mailto:niklas.prewitz@uni-koeln.de), [katharina.gross@uni-koeln.de](mailto:katharina.gross@uni-koeln.de)

## **Zusammenfassung:**

Angehenden (Chemie-) Lehrkräften fällt es oftmals schwer, ihr universitär erworbenes Fachwissen für die schulische Lehrtätigkeit zu transformieren und dieses als notwendige Begründungs- bzw. Wissensbasis für das zu lehrende Schulwissen zu nutzen. Die Ursache dieses Problems lässt sich u.a. auf eine mangelnde Kohärenz innerhalb der universitären Lehrerbildung zurückführen, die einer umfassenden Entwicklung professioneller Kompetenzen angehender Lehrkräfte – insbesondere in der Wissensdomäne Fachwissen – entgegensteht. Um diesem Problem zu begegnen, bedarf es der Unterstützung der Studierenden im Transformationsprozess vom universitären Fachwissen hin zu einem im Schulkontext anschlussfähigen professionsrelevanten Fachwissen (PRFW).

Im Rahmen dieses Beitrages wird ein Lehr-/Lern-Modul vorgestellt, welches explizit mit o.g. Zielsetzung im Rahmen eines Design-Based-Research-Projektes für den Fachbereich Chemie konzipiert wurde. Neben konkreten didaktisch-methodischen Entscheidungen werden dabei auch Einblicke in die Evaluation der Lehrveranstaltung gegeben.

**Schlagwörter:** Chemielehrerbildung, Kohärenz, Professionalisierung, Professionsrelevantes Fachwissen, Konzeption, Lehr-/Lern-Modul

## 1 Einleitung

Lehrkräften kommt als zentralen Akteur\*innen im Handlungsfeld Schule eine bedeutende Rolle hinsichtlich des Lernfortschritts ihrer Schüler\*innen zu. So gilt die Lehrkraft mit ihren individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten als wesentlicher Prädiktor für den Lernerfolg der Schüler\*innen (Brunner et al., 2006; Krauss et al., 2008; Kunter, Baumert & Blum, 2011). Um ihrer zentralen Aufgabe des lernwirksamen Unterrichtens gerecht werden zu können, benötigt die Lehrkraft zahlreiche Kompetenzen (Baumert & Kunter, 2006; Kunter, Kleickmann et al., 2011). Ein wesentlicher Teil dieser Kompetenzen lässt sich als sog. Lehrerverfessionswissen zusammenfassen. Zurückgehend auf die taxonomischen Ansätze von Shulman (1986, 1987) und Bromme (1992, 1997) werden dem Professionswissen drei zentrale Domänen zugeordnet: Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen. Sowohl durch die Akkumulation von Wissen innerhalb dieser drei Domänen als auch durch die Verknüpfung des Wissens über die einzelnen Domänengrenzen hinaus sowie durch den Einbezug praktischer Anwendungsmöglichkeiten, können (angehende) Lehrkräfte entsprechende professionelle Kompetenzen für ihre Lehrtätigkeit entwickeln (Baumert & Kunter, 2013). Den Grundstein für diesen Professionalisierungsprozess bildet die universitäre Lehrerbildung, im Rahmen derer die angehenden Lehrkräfte Wissen in allen drei Domänen erlernen (Bonnet & Hericks, 2014; Hellmann, 2019; Terhart, 2009). Um angehende Lehrkräfte bestmöglich in ihrem Professionalisierungsprozess zu unterstützen, ist es wichtig, dass die universitäre Lehrerbildung in sich sowie mit Blick auf die schulpraktische Lehrtätigkeit kohärent gestaltet ist, d.h. dass die einzelnen Domänen und Ausbildungsphasen ineinandergreifen und so sukzessive zum Aufbau eines umfassenden Professionswissens beitragen (Hellmann, 2019). Allerdings zeigt sich, dass die universitäre Lehrerbildung dieser Rolle im Professionalisierungsprozess nicht umfänglich gerecht wird (Joos et al., 2019). Insbesondere in der Domäne Fachwissen nehmen angehende (Chemie-) Lehrkräfte oftmals eine mangelnde Kohärenz wahr, die sich in einem Bruch zwischen den universitär erworbenen Fachinhalten und den späteren Lehrinhalten äußert (Dreher et al., 2016; Glowinski et al., 2018). Dabei werden die universitären Fachwissensinhalte als nicht anknüpfungsfähig für die schulische Lehrtätigkeit angesehen (Lorentzen, 2020), wodurch die Gefahr besteht, dass das universitär erworbene Fachwissen zu einem trägen Wissen (Renkl, 1996) verkommt und damit eher wenig zur Professionalisierung beitragen kann. Da jedoch insbesondere die Domäne Fachwissen sowie dessen Anwendung im schulischen Lehrkontext eine Schlüsselrolle im Professionswissen einnimmt (Brunner et al., 2006; Kunter, Baumert & Blum, 2011), ist es notwendig, der wahrgenommenen mangelnden Kohärenz in dieser Domäne frühzeitig zu begegnen, damit das universitär erworbene Fachwissen als Legitimations- und Erklärungswissen für das später zu lehrende Schulwissen wirken kann und somit für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähig wird.

Im Rahmen dieses Beitrags soll ein Lehr-/Lern-Modul für den Fachbereich Chemie vorgestellt werden, das darauf abzielt, das universitäre Fachwissen der angehenden Lehrkräfte mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit zu transformieren.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Der Professionalisierungsprozess angehender Lehrkräfte

Seit den grundlegenden Arbeiten Shulmans (1986, 1987) wurde das Konzept des Lehrerverfessionswissens stetig weiterentwickelt und ausdifferenziert. Eine aktuelle Modellierung stellt das *Refined Consensus Model of PCK* (RCM, Abb. 11) (Carlson et al., 2019) dar. Im Unterschied zu Shulmans ursprünglicher Konzeptualisierung wird das Professionswissen einer Lehrkraft hier mit dem *Pedagogical Content*

*Knowledge* (PCK) gleichgesetzt, welches auch Shulman bereits als das bedeutsame lehrbezogene Wissen definierte (Shulman, 1987). Die anderen beiden Wissensdomänen (*Fachwissen* (CK) und *pädagogisches Wissen* (PK)) bilden im RCM eher die Grundlage für das PCK, sind diesem also subsumiert. Im RCM werden verschiedene PCK-Abstufungen unterschieden, die den Professionalisierungsprozess einer Lehrkraft widerspiegeln. Die Basis für den PCK-Erwerb einer angehenden Lehrkraft liefert das *collective PCK* (cPCK). Dieses repräsentiert die Gesamtheit des fachdisziplinspezifischen PCKs aller Akteur\*innen in diesem Fachbereich.

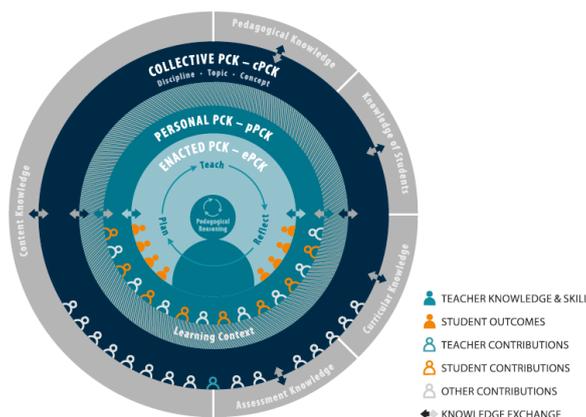


Abb. 11: Refined Consensus Model of PCK. (Carlson et al., 2019)

Das cPCK seinerseits speist sich aus verschiedenen *knowledge bases*, darunter auch die von Shulman beschriebenen Domänen Fachwissen (CK) und Pädagogisches Wissen (PK). Im Zuge der Lehrerbildung wird das cPCK als Lehrinhalt durch verschiedene Akteure des Ausbildungsabschnitts 1 an der Universität vermittelt. Die angehenden Lehrkräfte erlernen somit die PCK-Grundlagen ihres Fachbereichs und bauen sich eine eigene *learning context* bezogene Wissensbasis (das *personal PCK* – pPCK) auf. Das pPCK bildet die persönliche Wissensgrundlage einer Lehrkraft, die sie im Rahmen ihrer aktiven Lehrtätigkeit schließlich situativ anwendet (*enacted PCK* – ePCK). Je umfassender das pPCK, desto flexibler kann eine Lehrkraft in ihrem unterrichtlichen Handeln agieren, da sie ein facettenreicheres ePCK abrufen kann. (Carlson et al., 2019)

Ziel der universitären Lehrerbildung sollte es demnach sein, die Entwicklung einer umfassenden, im konkreten fachspezifischen Lehrkontext nutzbaren pPCK-Basis zu ermöglichen. Dies schließt explizit eine Transformation des Fachwissens im Sinne der Kohärenz ein.

## 2.2 Kohärente Lehrerbildung

Wie im RCM deutlich wird, bilden unterschiedliche Wissensbereiche die Grundlage für das cPCK und damit auch für das spezifische pPCK einer Lehrkraft (grau unterlegter äußerer Ring mit verschiedenen Abschnitten, vgl. Abb. 11). Im Rahmen der universitären Lehrerbildung ist es entsprechend ihrer Zielsetzung bedeutsam, diese *knowledge bases* angemessen zu einem umfassenden cPCK zusammenzuführen (im RCM als ein Ring / eine Wissensseinheit dargestellt, vgl. Abb. 11) und dieses den angehenden Lehrkräften wirksam zu vermitteln. Dies setzt eine kohärente Lehrerbildung voraus, welche sich durch eine Kooperation der verschiedenen Akteur\*innen und insbesondere eine Verknüpfung der einzelnen Wissens- und damit Lehrinhalte auszeichnet (Hellmann, 2019). In diesem Sinne erfolgt der Wissenserwerb nicht isoliert innerhalb verschiedener Domänen, sondern wird stets in den Gesamtkontext eingegliedert und mit Blick auf die Zielperspektive (Ausbildung eines umfassenden und für den Schulkontext anschlussfähigen pPCK) vernetzt und progressiv gelehrt.

Für den Fachbereich Chemie scheint die Lehrerbildung insbesondere in der Domäne Fachwissen jedoch durch eine mangelnde Kohärenz gekennzeichnet, wie das Problem der wahrgenommenen Diskontinuität zeigt (Lorentzen, 2020; Prewitz & Groß, 2025b).

### 2.3 Diskontinuität im Fachbereich Chemie

Der Begriff der Diskontinuität wurde vor allem durch den Fachbereich Mathematik geprägt (Ableitinger et al., 2013). Als *doppelte Diskontinuität* (Klein, 1910) wird hier ein zweifacher Bruch innerhalb der Domäne Fachwissen bezeichnet, der sich darin äußert, dass einerseits die universitären Fachinhalte nicht auf den schulischen Fachinhalten aufzubauen scheinen und andererseits das universitär erworbene Fachwissen nicht für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähig ist (Hefendehl-Hebeker, 2013). Insbesondere der zweite Bruch hat zur Folge, dass das universitär erworbene Fachwissen nicht für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähig ist und damit zu einem trägen Wissen verkommt (Renkl, 1996), wodurch es keinen bzw. kaum einen Beitrag zur Professionalisierung der Lehrkräfte (Ausbildung der umfassenden pPCK-Basis) leisten kann.

Einen Bruch zwischen universitärem und schulbezogenem Fachwissen nehmen auch angehende Chemielehrende wahr (Hermanns, 2019; Lorentzen, 2020). So scheinen die universitär erworbenen Fachwissensinhalte ebenfalls nicht in Bezug auf die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähig zu sein.

Vergleicht man die curricularen Vorgaben für die universitäre Lehrerbildung (Kultusminister Konferenz [KMK], 2008) und die schulischen Lehrinhalte ([KMK] & [IQB], 2020), so wird deutlich, dass diese Diskontinuität nicht aus divergenten Inhalten resultiert, da die schulischen Lehrinhalte jeweils Entsprechungen in den universitären Fachwissensinhalte haben (Prewitz & Groß, 2025b); Die Ursache scheint viel mehr in einer andersartigen Strukturierung des Wissens zu liegen. Während das Fachwissen im Rahmen der universitären Lehrerbildung gegliedert nach Subdisziplinen (u.a. Anorganische, Organische, Physikalische Chemie) gelehrt und gelernt wird, ist das schulische Lehrwissen mit Hilfe von sog. Basiskonzepten strukturiert, die in unterschiedlichen Inhaltsfeldern, die spiralcurricular aufeinander aufbauen, immer wieder aufgegriffen werden (Ministerium für Schule und Bildung NRW [MSB NRW], 2019, 2022). Tatsächlich lässt sich diese abweichende Wissensstrukturierung auch empirisch als Ursache der Diskontinuität in Chemie bestätigen (vgl. hierzu Prewitz & Groß, 2025b).

Um die angehenden Lehrkräfte in ihrem Professionalisierungsprozess zu fördern und damit zur Ausbildung einer umfassenden pPCK-Basis beizutragen, ist es demnach erforderlich, das universitär erworbene Fachwissen mit Blick auf die schulischen Fachwissensstrukturen zu transformieren.

## 3 Lehr-/Lern-Modul zur Transformation des universitären Fachwissens im Sinne schulischer Fachwissensstrukturen

### 3.1 Zielsetzung

Mit dem Lehr-/Lern-Modul wird das Ziel verfolgt, angehenden Chemielehrkräfte in der vernetzenden Transformation ihres universitären Fachwissens mit Blick auf die schulischen Wissensstrukturen zu unterstützen, um so eine solide, im schulischen Lehrkontext anknüpfungsfähige Fachwissensbasis zu schaffen, die zur Ausbildung einer umfassenden pPCK beiträgt und den Lehrkräften damit zukünftig eine flexible Lehrtätigkeit ermöglicht.

### 3.2 Forschungsmethodische Rahmung

Die Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls erfolgte im Rahmen eines Design-Based Research Projektes (Reinmann, 2005) in 5 Mesozyklen. Dabei wurden innerhalb von drei Mesozyklen grundlegende Adaptionen vorgenommen. Das finale Modulkonzept

wurde zweimalig durchgeführt und evaluiert. Insgesamt absolvierten  $N = 80$  Studierende das Modul,  $n = 36$  davon in der finalen Konzeption.

### 3.3 Lehrbezogene Rahmenbedingungen

Verortet ist das Lehr-/Lern-Modul im letzten Semester des Aufbaustudiums des Lehramtstudiums im Fachbereich Chemie mit dem Studienprofil Gymnasium/Gesamtschule. Zu diesem Zeitpunkt kann die fachinhaltliche Grundausbildung der angehenden Lehrkräfte (Bachelorstudium) als abgeschlossen angesehen werden, sodass umfassende fachinhaltliche Grundkenntnisse vorausgesetzt werden können. Des Weiteren hatten die teilnehmenden Studierenden bereits die Möglichkeit, erste lehrbezogene Erfahrungen im Schulkontext im Rahmen des Praxissemesters zu sammeln. Es kann angenommen werden, dass sie im Rahmen dieser Lehrerfahrungen für eine mögliche Diskontinuität in der Domäne Fachwissen sensibilisiert wurden, wodurch sie die Bedeutung derartiger, vernetzender Lehr-/Lern-Module für ihren eigenen Professionalisierungsprozess erkennen, was eine hohe aktive Beteiligung fördert.

Das Lehr-/Lern-Modul zeichnet sich als seminaristische Lehrveranstaltung (2 SWS) durch eine hohe Eigenaktivität der Studierenden in Form von Partner- und Gruppenarbeitsphasen aus.

Durch die Arbeit in Kleingruppen ist das Modulkonzept theoretisch nicht hinsichtlich der Teilnehmerzahl beschränkt, praktisch erprobt wurde es jedoch mit Gruppengrößen von ca. 15 – 20 Studierenden.

### 3.4 Modulkonzept

Grundsätzlich ist das Lehr-/Lern-Modul in zwei aufeinander folgende Modulphasen mit jeweils eigener Zielsetzung gegliedert (Abb. 12):

Modulphase 1 dient zunächst der vernetzenden Transformation des universitären Fachwissens mit Blick auf die schulischen Wissensstrukturen. Dazu werden zunächst die universitären Subdisziplinengrenzen aufgebrochen und die Inhalte anschließend sukzessive in ein umfassendes Wissensnetz eingegliedert. Das so generierte, umfassend vernetzte und für den Schulkontext anschlussfähige universitär erworbene Fachwissen wird im Folgenden als *Professionsrelevantes Fachwissen* (PRFW) (Prewitz & Groß, 2025b) bezeichnet. Zur Realisierung dieses Transformationsprozesses wird ein eigenes zu diesem Zweck konzipiertes, iteratives Concept-Mapping-Verfahren (Abb.

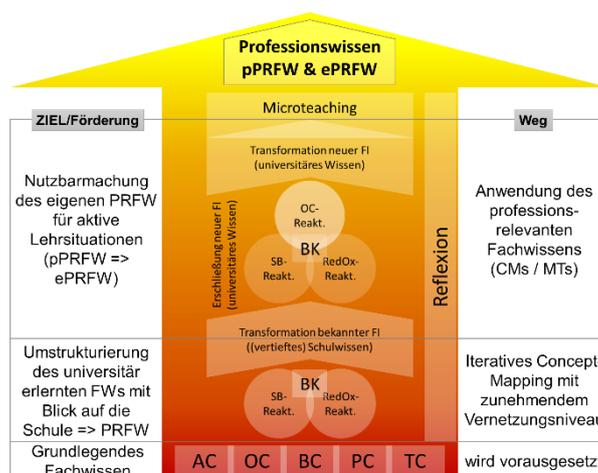


Abb. 12: Darstellung des Modulkonzepts des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls.

Die untenstehenden Abkürzungen stehen für die verschiedenen fachwissenschaftlichen Subdisziplinen: AC = Anorganische Chemie,

OC = Organische Chemie, BC = Biochemie, PC = Physikalische Chemie, TC = Theoretische Chemie. BK steht für die Basiskonzepte des KLP Chemie NRW Sek I ([MSB NRW], 2019), SB kennzeichnet das Themenfeld Säure-Base-Chemie, RedOX das Themenfeld RedOx-Chemie. FI bedeutet Fachinhalt. PRFW steht als Abkürzung für das Professionsrelevante Fachwissen, wobei pPRFW die persönliche Wissensbasis in Anlehnung an das pPCK des RCM (Carlson et al., 2019) und ePRFW das in der aktiven Lehrtätigkeit angewendete PRFW in Anlehnung an das ePCK des RCM (Carlson et al., 2019) verdeutlichen soll. CM steht für die Methode Concept-Mapping und MT für die Methode Microteaching.

13) eingesetzt, welches sich durch ein zunehmendes Vernetzungs- und Abstraktionsniveau auszeichnet und durch eine umfassende Metareflexion begleitet wird (Prewitz & Groß, 2025a, eingereicht).

Die sich anschließende, zweite Modulphase verfolgt zwei Ziele: Zum einen können im Rahmen der ersten Modulphase nur exemplarische Fachinhalte zum PRFW aufbereitet werden, die Ausdehnung des Transformationsprozesses auf weitere Inhalte muss somit durch die Studierenden selbst erfolgen. Modulphase 2 initiiert diesen Transformationsprozess für einen neuen Fachinhalt, ohne dabei eine strenge Strukturierung, wie in Modulphase 1 vorzugeben, um die angehenden Lehrkräfte zu selbstständigem Handeln anzuregen. Darüber hinaus erhalten die angehenden Lehrkräfte die Aufgabe, neu erschlossene Fachinhalte zu Lehreinheiten in Form von Microteachings (Klinzing, 1976) aufzubereiten. Dabei wenden sie ihr PRFW aktiv an, was dem Weg vom pPCK zu ePCK entspricht und damit das PRFW zu einem aktiven Wissen werden lässt. Gleichzeitig wird hier im Sinne der Kohärenz eine Verknüpfung zwischen Theorie- und Praxiselementen geschaffen, die dem Prozess der späteren Lehrplanung und -durchführung nachempfunden ist.

Im Folgenden werden die beiden Modulphasen detailliert vorgestellt; Konkrete Arbeitsmaterialien finden sich im Online-Supplement (Anhang IV.III, S. 169 ff.).

### 3.4.1 Modulphase 1

Modulphase 1 steht unter der Zielsetzung, das universitär erworbene Fachwissen zu einer für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähigen Wissensbasis (PRFW) zu transformieren.

Zur Realisierung dieses Ziels wird die Methode des Concept-Mappings eingesetzt. Concept-Maps sind gut geeignet, um die Struktur von Inhalten zu visualisieren (Hamza & Wickman, 2013; Schwendimann & Linn, 2016) und diese auf das Wesentliche zu reduzieren (Anastasiou et al., 2024). Die strukturierte visuelle Repräsentation (Kirschner & Hendrick, 2020) fördert dabei das Erkennen von zu Grunde liegenden Verknüpfungen zwischen den einzelnen Inhalten und trägt zur Ausbildung eines umfassenden Fachwissensnetzes bei (Izci & Akkoc, 2024; Romero et al., 2017).

Um die angehenden Lehrkräfte bestmöglich im Transformationsprozess zu unterstützen und gleichzeitig eine Überforderung zu vermeiden, wird das Concept-Mapping iterativ eingesetzt, wobei mit jedem Iterationszyklus das Vernetzungs- und Abstraktionsniveau gesteigert wird (Prewitz & Groß, 2025a, eingereicht).

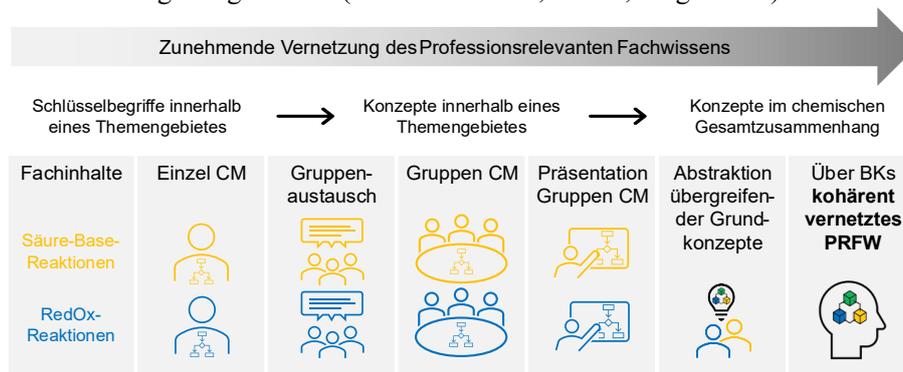


Abb. 13: Schematische Darstellung des iterativen Concept-Mappings in Modulphase 1.

Die Abkürzung CM steht für die Methode Concept-Mapping, BK für die Basiskonzepte des KLP Chemie NRW Sek I ([MSB NRW], 2019) und PRFW für das Professionsrelevante Fachwissen.

### Erstellung einer Einzel-CM

Zur Reaktivierung ihres fachinhaltlichen Vorwissens fertigen die angehenden Lehrkräfte zunächst eine Concept-Map (CM) in Einzelarbeit an, indem sie ca. 50 vorgegebene Begriffe aus einem der Themenfelder Säure-Base- oder RedOx-Chemie zu einem strukturierten Wissensnetz verknüpfen. Um den angehenden Lehrkräften die Möglichkeit zu geben, sich in die Methode einzufinden und eine möglichst umfassend strukturierte CM zu erstellen, erfolgt die Erstellung der Einzel-CM als Hausaufgabe zwischen erster und zweiter Seminarsitzung. Die jeweiligen Einzel-CMs repräsentieren schließlich die Wissensstrukturen der Einzelpersonen.

### Gruppenaustausch und Anfertigung einer Gruppen-CM

Im Rahmen der zweiten Seminarsitzung werden jeweils Paare gleichen Themas gebildet. Die angehenden Lehrkräfte erhalten die Aufgabe, sich ihre jeweiligen Einzel-CMs detailliert vorzustellen, diese miteinander zu diskutieren und schließlich zu einer gemeinsamen Gruppen-CM zusammenzuführen. Durch den Gruppenaustausch werden die dargelegten Verknüpfungen (eigene Wissenskonzepte) tiefer durchdacht (Eshuis, Vrugte, Anjewierden & Jong, 2022), wobei sich die angehenden Lehrkräfte möglicher Fehler bewusst werden, und diese verbessern können (Davis, 2003; Eshuis, Vrugte & Jong, 2022). Darüber hinaus werden alternative Vernetzungsmöglichkeiten sichtbar, wodurch die eigene Wissensvernetzung weiter ausgebaut werden kann (Clark & Sampson, 2008; Schwendimann & Linn, 2016). Um den angehenden Lehrkräften genügend Zeit zur Diskussion und Anfertigung der Gruppen-CM und damit zur tiefen Auseinandersetzung mit dem Fachinhalt zu geben, wird die Gruppenarbeitsphase auf Seminarsitzung 3 ausgedehnt.

### Präsentation der Gruppen-CMs im Plenum

Im Anschluss an die Gruppenarbeitsphase, werden die verschiedenen Gruppen-CMs im Plenum vorgestellt und diskutiert (Seminarsitzung 4). Gruppen gleichen Themas können so ihre Gruppen-CMs vergleichen und einer Revision unterziehen; die Gruppen des jeweils anderen Themenfeldes, werden gleichzeitig in das jeweils andere Thema eingeführt.

### Abstraktion übergreifender Grundkonzepte

Nach der Share-Phase (Mattes, 2011) werden in Seminarsitzung 5 die Gruppen derart neu zusammengestellt, dass in jeder Gruppe Experten beider Themenfelder enthalten sind (Gruppenpuzzle (Mattes, 2011)).

Die Gruppen erhalten die Aufgabe, Gemeinsamkeiten bzw. verbindende Elemente zwischen beiden Themenfeldern abzuleiten. Auch dies geschieht in Form einer Concept-Map, die beide Themenfelder verbinden soll. Um diesen Abstraktionsprozess zu erleichtern, werden die Basiskonzepte (BK) des KLP-Chemie (Struktur der Materie, chemische Reaktion und Energie (MSB NRW, 2019)) als Strukturierungshilfe eingeführt. Indem die Studierenden die Beiträge der verschiedenen Themenfelder zu den Basiskonzepten herausarbeiten, erkennen sie verbindende Elemente, wie bspw. das Donator-Akzeptor-Prinzip. So erkennen sie Parallelen, auf einer übergeordneten Ebene, die ebenfalls als Strukturierungselemente für die Wissensinhalte dienen können (Schroeder et al., 2018).

Die Restrukturierung der beiden Themenfelder in der BK-CM wird in Seminarsitzung 6 zunächst fortgesetzt. Anschließend werden die BK-CMs im Plenum vorgestellt und die herausgearbeiteten Parallelen und Grundkonzepte diskutiert. Dieser Plenumsaustausch dient erneut der gegenseitigen Validierung sowie einer möglichen Erweiterung der individuellen Wissensvernetzung.

### Metareflexion

Modulphase 1 wird durch den steten Einsatz von Prozessportfolios begleitet, in welchem die Studierenden ihre Erfahrungen im Vernetzungsprozess sukzessive diskutieren und reflektieren. Dazu wird im Anschluss an jede CM-Phase eine Metareflexion durch spezifische Prompts angeregt, die den Fokus auf wesentliche Prozesselemente lenken (Ge & Land, 2003; Kori et al., 2014). Dabei wird insbesondere der Arbeitsprozess mit ggf. auftretenden Herausforderungen sowie persönlichen Entwicklungen fokussiert. Die Metareflexion ist von hoher Bedeutung für den Professionalisierungsprozess, da die Studierenden so ein Bewusstsein für ihren eigenen Wissensstand entwickeln und mögliche Handlungsbedarfe begründet ableiten können, was das selbstregulierte Lernen fördert (Novak, 2005; van Loon, 2019) und sie dazu befähigt, individuelle Schwerpunkte zu setzen (van Loon, 2019).

Insgesamt wird das universitär erworbene Fachwissen im Rahmen von Modulphase 1 auf diese Weise zunehmend vernetzt und grundlegende Konzepte werden herausgearbeitet. In diesem Sinne wird das universitär erworbene Fachwissen zum PRFW transformiert, in welches auf Grund der umfassend vernetzten Wissensstruktur die schulischen Fach- bzw. Lehrinhalte nun direkt integriert werden können. Durch die Transformation des universitären Fachwissens zum Professionsrelevanten Fachwissen, entwickeln die Studierende eine (neue) Wissensstruktur, die für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähig ist. Das universitär erworbene Fachwissen kann als tiefgehendes Erklärungs- und Begründungswissen für das Schulwissen dienen.

#### 3.4.2 Modulphase 2

Während im Rahmen von Modulphase 1 die exemplarische Transformation zweier ausgewählter Themenfelder hin zum Professionsrelevanten Fachwissen erfolgte, werden mit Modulphase 2 zwei aufbauende Ziele verfolgt (Abb. 12):

Zum einen erhalten die angehenden Lehrkräfte die Aufgabe, sich neue, unbekannte Fachinhalte aus dem Bereich der Organischen Chemie selbst zu erschließen und das neue Fachwissen in die bestehenden Wissensnetze einzugliedern, also mit dem bereits ausgebildeten PRFW zu verknüpfen. Dabei wird auf eine enge Strukturierung des Transformationsprozesses – wie in Modulphase 1 – verzichtet. Vielmehr können und müssen die angehenden Lehrkräfte den Transformationsprozess eigenständig durchführen. Die dabei gesammelten Erfahrungen sind im Sinne einer Metakompetenz bedeutsam für den Professionalisierungsprozess: Mit Blick auf ihre zukünftige Lehrtätigkeit, insbesondere auf sich ändernde Lehrinhalte, müssen (angehende) Lehrende in der Lage sein, sich neue Fachinhalte selbstständig umfassend zu erschließen, das neue Wissen in die bestehenden Wissensstrukturen einzugliedern und verbindende Elemente zu bestehendem Wissen abzuleiten (Anderson, 1984). Es bedarf also nicht bloß einer vernetzten Fachwissensbasis, sondern auch eines Metawissens über den eigentlichen Vernetzungsprozess, den die angehenden Lehrkräfte im Rahmen der zweiten Modulphase bewusst weiter ausbauen.

Zum anderen sollen die angehenden Lehrkräfte die neu erschlossenen Fachinhalte zu Lehrinhalten aufbereiten und diese ihren Kommiliton\*innen in Microteachings (Klinzing, 1976) lernwirksam vermitteln. Die Aufbereitung des eigenen Wissens zu Lehrinhalten zeichnet den Prozess der Unterrichtsplanung und -durchführung (vom pPCK zu ePCK im RCM) nach und soll den aktiven Umgang mit dem PRFW fördern.

Zur Realisierung von Teilziel 1 wird den angehenden Lehrkräften keine konkrete Methode vorgegeben. Sie erhalten lediglich den Arbeitsauftrag, sich das neue Themenfeld selbst umfassend zu erschließen. Da es sich bei dem in Modulphase 1 verwendeten Concept-Mapping nur um eine exemplarische Strukturierungsmethode

handelt, soll den Studierenden somit die Möglichkeit gegeben werden, selbstständig andere Methodiken zu erproben. Nach einer kurzen thematischen Einführung in die neuen Themenfelder, erhalten die Studierenden dazu zwei Seminarsitzungen (Sitzung 7 und 8) Zeit.

Im Anschluss an die eigenständige Erschließung eines der neuen Fachinhalte werden die angehenden Lehrkräfte fachinhaltsspezifisch zu Kleingruppen von je 3 – 5 Personen zusammengefasst und erhalten die Aufgabe, den neuen Fachinhalt zu einem Lehrinhalt aufzubereiten. Hierzu haben die angehenden Lehrkräfte drei Seminarsitzungen Zeit. Ziel ist die Planung eines Microteachings (MT) für die Kommiliton\*innen, welches in einem Zeitumfang von 60 Minuten eine lehrerzentrierte Instruktions- sowie Erarbeitungs- und Sicherungssequenz enthält.

Die Methode des Microteachings wurde bewusst gewählt, da die Kommiliton\*innen als Adressaten der MT-Einheit, gleichzeitig auch Experten für die Lehre sind und somit eine Doppelrolle einnehmen können (Klinzing, 1976): Sie können aus ihrer persönlichen Perspektive heraus bewerten, ob die Inhaltsvermittlung lernwirksam war und gleichzeitig mögliche Gelingensfaktoren hierfür auf Basis ihres fachdidaktischen Wissens identifizieren, um so eine zielführende Einschätzung hinsichtlich der Güte der Lehreinheit und damit des ePCK der lehrenden Studierenden vorzunehmen. Das Feedback der Kommiliton\*innen hilft den angehenden Lehrkräften, ihren eigenen Professionalisierungsstand kritisch zu reflektieren und mögliche (Weiter-)Entwicklungsmöglichkeiten begründet abzuleiten (van Loon, 2019).

Zur Intensivierung der Metareflexion werden auch in Modulphase 2 Prozessportfolios eingesetzt. In diesen verschriftlichen die angehenden Lehrkräfte ihre Metareflexion in Anlehnung an den Reflexionsprozess im Referendariat, indem sie ihre Lehrtätigkeit zunächst selbst reflektieren, anschließend Stellung zu dem Feedback ihrer Kommiliton\*innen beziehen und schließlich begründet Handlungs- bzw. Entwicklungsoptionen ableiten. Durch den Verschriftlichungsprozess erhalten die angehenden Lehrkräften einen tieferen Einblick in ihren eigenen Professionalisierungsstand und generieren gleichzeitig ein Dokument, welches ein späteres Review ihres eigenen Lernprozesses ermöglicht (Gleaves et al., 2008; Lew & Schmidt, 2011).

Die Durchführung der Microteachings ist für die Sitzungseinheiten 12 – 14 angedacht, wobei die Anzahl der Sitzungen sowie die Länge der einzelnen MT-Einheiten an die Gruppengröße anzupassen sind.

Die im Rahmen dieser Modulphase erarbeiteten neuen Fachinhalte wurden aus standortspezifischen Gründen gewählt, und sind entsprechend austauschbar. Wichtig ist jedoch, dass diese für alle Teilnehmer\*innen neue bzw. unbekannte Fachinhalte darstellen, die auf Basis des universitär erworbenen Fachwissens vollumfänglich erschließbar sind. Die Subdisziplin der Organischen Chemie bietet sich hier insbesondere an, da diese auch im Schulkontext innerhalb verschiedener Inhaltsfelder repräsentiert wird (MSB NRW, 2019, 2022) und gleichzeitig nur wenige offensichtliche Beziehungen zu den bereits erarbeiteten Themenfeldern bestehen. Die angehenden Lehrkräfte profitieren so besonders von der Eingliederung der Fachinhalte in ein umfassendes PRFW und der damit einhergehenden Abstraktion verbindender Elemente.

Das gesamte Modul dient schließlich der Anbahnung des Transformationsprozesses vom universitären Fachwissen hin zum Professionsrelevanten Fachwissen, wobei die angehenden Lehrkräfte nach Abschluss des Moduls bereits exemplarisch die Bereiche RedOx- und Säure-Base-Chemie sowie Teilaspekte der Organischen Chemie zum PRFW transformiert haben sollten. Des Weiteren verfügen sie nach Abschluss des Moduls über ein Metawissen bezüglich des Transformationsprozesses, verbunden mit der Vernetzung der einzelnen Inhalte und der Abstraktion verbindender Basiskonzepte, um zukünftig die Transformation eigenständig auf weitere Fachinhalte ausdehnen zu können. Darüber hinaus sollte das PRFW auch für aktive

Lehrsituationen im Sinne des ePCK nutzbar sein und die angehenden Lehrkräfte so in ihrer Unterrichtsplanung und -durchführung unterstützen.

## 4 Evaluation des Modulkonzepts

Auf Grund der Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls im Rahmen eines Design-Based-Research-Projektes, wurde dieses stets forschungsmethodisch begleitet, evaluiert und auf Basis der Ergebnisse weiterentwickelt.

Ob bzw. inwiefern das Modulkonzept seiner o.g. Zielsetzung gerecht werden kann und inwiefern die erwarteten positiven Effekte auch durch die angehenden Lehrkräfte wahrgenommen werden, soll im Folgenden mit Hilfe der stetig erhobenen Evaluationsergebnisse dargestellt werden.

Zur Erfassung der Ausgangslage sowie zur Erhebung der wahrgenommenen Effekte aus Modulphase 1, Modulphase 2 und dem Modul insgesamt wurden die Prozessportfolios hinsichtlich konkreter Untersuchungsfragen mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) ausgewertet (Prewitz & Groß, 2024, 2025a, eingereicht, 2025b)

Darüber hinaus wurde das Gesamtmodul stetig mittels eines vorstrukturierten Fragebogens hinsichtlich der durch die Teilnehmer\*innen wahrgenommenen inhärenten Kohärenz evaluiert. Der dazu verwendete Fragebogen ist abgeleitet vom *Fragebogen zur Erfassung der studentischen Kohärenzwahrnehmung* von Henning-Kahmann und Hellmann (2019). Die verschiedenen Itemgruppen spiegeln die Aspekte einer kohärenten Lehrerbildung wider und beziehen gleichzeitig die einzelnen Zielsetzungen und Aspekte des Lehr-/Lern-Moduls mit ein.

Nachfolgend wird der Fokus auf die Gesamtmodulevaluation gelegt.

### 4.1 Fragebogen zur Kohärenzwahrnehmung

In die nachfolgend dargestellten Ergebnisse zur Evaluation des Gesamtmoduls hinsichtlich seiner inhärenten Kohärenz fließen  $N = 66$  Fragebögen aus vier der fünf Mesozyklen ein.

#### 4.1.1 Vertikale Kohärenz zwischen Universität und Schule

Zur Überwindung des wahrgenommenen vertikalen Bruchs zwischen universitärer Ausbildung und schulischer Lehrtätigkeit innerhalb der Domäne Fachwissen, ist es notwendig, dass die Lehrveranstaltung an bestehendem universitärem Vorwissen anknüpft, um dieses mit Blick auf die Schule zu transformieren. Da dabei insbesondere das Herausarbeiten zentraler Konzepte von großer Bedeutung ist, wurde dieser Aspekt als eigenes Item abgefragt. Darüber hinaus sollte der Transformationsprozess inhaltlich progressiv verlaufen, was ebenfalls mittels eines eigenen Items erhoben wurde.

Die Evaluationsergebnisse (Abb. 14) zeigen, dass die angehenden Lehrkräfte der Lehrveranstaltung eine (sehr) hohe vertikale Kohärenz zuschreiben. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass das spezifische Vorgehen aus Fachwissensreaktivierung, -vernetzung und -abstraktion innerhalb der ersten Modulphase sowie die Aufbereitung bzw. Anwendung des so generierten PRFW in aktiven Lehrsituationen im Rahmen der zweiten Modulphase nach Einschätzung

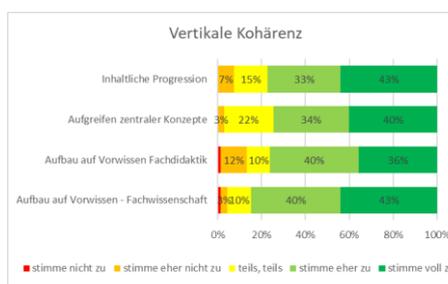


Abb. 14: Ergebnisse der Itemgruppe *vertikale Kohärenz* aus dem Modul-evaluationsbogen ( $N = 66$  Datensätze sind inbegriffen).

der angehenden Lehrkräfte eine mit Blick auf die spätere Lehrtätigkeit zielführende Wissenstransformation darstellt.

#### 4.1.2 Horizontale Kohärenz zwischen Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen

Soll das erarbeitete PRFW auch in aktiven Lehrsituationen – im Sinne des ePCK – zur Anwendung kommen, ist es notwendig, das fachinhaltliche Wissen mit fachdidaktischen Aspekten im Sinne einer horizontalen Kohärenz zu verknüpfen und den angehenden Lehrkräften gleichzeitig auch die Möglichkeit zu geben, die theoretisch erarbeitete Wissensbasis praktisch anzuwenden und zu reflektieren.

Mit Blick auf die Evaluationsergebnisse zur wahrgenommenen horizontalen Kohärenz (Abb. 15), können die genannten Aspekte ebenfalls als zielführend umgesetzt angesehen werden. Durch das spezifische Vorgehen gelingt es, an das im vorausgegangenen Studium erlernte fachinhaltliche sowie fachdidaktische Wissen anzuknüpfen und beide Domänen zu verknüpfen. Auch die praktische Anwendung des generierten PRFW – insbesondere in Modulphase 2 – wird durch die partizipierenden angehenden Lehrkräfte als kohärent angesehen.

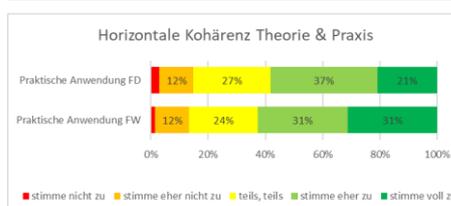
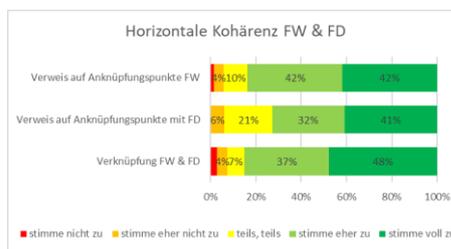


Abb. 15: Ergebnisse der Itemgruppe *horizontale Kohärenz* aus dem Modulevaluationsbogen ( $N = 66$  Datensätze sind inbegriffen).

#### 4.1.3 Kohärenzsteigerung allgemein

Da mit dem Lehr-/Lern-Modul insgesamt das Ziel verfolgt wird, zu einer Kohärenzsteigerung innerhalb der universitären Lehrerbildung beizutragen, wurde dies in einem eigenen Item abgefragt.

80 % der Studierenden stimmten dem Effekt des Lehr-/Lern-Moduls in dieser Hinsicht zu (Abb. 16), was die Schlussfolgerung zulässt, dass das spezifische Modulkonzept insgesamt seiner Zielsetzung gerecht werden kann.



Abb. 16: Evaluationsergebnis des Modulkonzepts hinsichtlich seines Beitrages zur Kohärenzsteigerung ( $N = 66$  Datensätze sind inbegriffen).

## 4.2 Auswertung der Prozessportfolios hinsichtlich Aussagen zum Professionsbezug des Lehr-/Lern-Moduls

Neben den Ergebnissen aus den Evaluationsbögen, können auch die Prozessportfolios zu einer Gesamtevaluation des Moduls herangezogen werden. Eine Reflexion diesbezüglich wurde zwar nicht explizit erfragt, jedoch äußerten sich  $N = 21/44$  Teilnehmer\*innen trotzdem explizit positiv über den Professionsbezug des Lehr-/Lern-Moduls.

Die Prozessportfolios wurden mittels inhaltlich strukturierender, qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) hinsichtlich spezifischer Aussagen zum

Professionsbezug der Lehrveranstaltung ausgewertet. Ein hoher Professionsbezug ist im Hinblick auf die Zielsetzung des Moduls – den wahrgenommenen Bruch zwischen universitärer Bildung und anschließender schulischer Lehrtätigkeit innerhalb der Domäne Fachwissen zu überbrücken – als sehr bedeutsam anzusehen. Nur, wenn die angehenden Lehrkräfte einen starken Professionsbezug des Lehr-/Lern-Moduls wahrnehmen, kann davon ausgegangen werden, dass das im Rahmen der Lehrveranstaltung erworbene Wissen auch in der späteren schulischen Lehrtätigkeit Anwendung findet, bzw. für diese anschlussfähig ist. Nachfolgende Zitate geben einen exemplarischen Einblick in den durch die Studierenden erkannten Professionsbezug:

*„Viel sinnvollere Lehre für die Schule, da es wichtig ist Fachwissenschaft, Fachdidaktik & beides zusammen zu verknüpfen.“*

*„Ich habe mein gesamtes Studium keine Lehrveranstaltung gehabt, die mich so gut auf meinen Beruf vorbereitet hat.“*

*„Die Verknüpfung von verschiedenen fachlichen Themen in dem schulischen Kontext war sehr hilfreich! Besonders im Hinblick auf das beginnende Referendariat.“*

*„Zum Schluss hat sich alles super zusammengefügt: Die **Verknüpfungen** innerhalb der Fachwissenschaften sind mir das erste Mal **richtig bewusst geworden**, aber **auch wie diese für den Schulunterricht genutzt werden kann** und wie sich diese Verknüpfung darauf auswirkt.“*

*„Das Aufgreifen der Themenfelder und Verknüpfung mit den Basiskonzepten war eine gute Möglichkeit die bisher **gelernten fachwissenschaftlichen Inhalte mit den möglichen Begegnungen in der Schule zu verbinden**.“*

Die Aussagen der teilnehmenden Studierenden spiegeln unterschiedliche Aspekte des Modulkonzepts wider. So heben die angehenden Chemielehrkräfte insbesondere die Verknüpfung der Domänen Fachwissenschaft und Fachdidaktik, aber auch die Verknüpfungen der Wissensinhalte innerhalb der Domäne Fachwissenschaft als positiv mit Blick auf die eigene Professionalisierung hervor. Dies verdeutlicht, dass die dem Modulkonzept zu Grunde liegende Annahme, dass eine Kohärenzsteigerung insbesondere durch eine sukzessive Vernetzung des universitären Fachwissens hin zum Professionsrelevanten Fachwissen dazu beiträgt, die wahrgenommene Diskontinuität im Fachbereich Chemie zu überwinden, als zutreffend eingeschätzt angesehen werden kann. Darüber hinaus bestätigt der wahrgenommene Bezug zur schulischen Lehrtätigkeit diese Einschätzung und kann gleichzeitig als Prädiktor für eine selbst-regulierte Fortsetzung des Transformationsprozesses durch die angehenden Lehrkräfte verstanden werden.

## 5 Fazit

Im Rahmen dieses Beitrages wurde ein spezifisches Lehr-/Lern-Modul präsentiert, das mit dem Ziel entwickelt wurde, einen Beitrag zur Kohärenzsteigerung der Lehrerbildung des Fachbereichs Chemie zu leisten und so angehende Chemielehrkräfte in ihrem Professionalisierungsprozess angemessen zu unterstützen. Dazu wurde die Domäne Fachwissen fokussiert, in welcher durch angehende Lehrende oftmals eine Diskontinuität wahrgenommen wird. Die Ursache dieser Diskontinuität konnte auf eine divergente Strukturierung der universitären und schulischen Fachinhalte zurückgeführt werden, welche darin resultiert, dass das universitär erworbene Fachwissen nicht direkt für die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähig ist. Aus diesem Grund bedarf es im Rahmen der universitären Bildung einer vernetzenden Transformation des universitären Fachwissens hin zum Professionsrelevanten Fachwissen, damit dieses seiner Legitimations- und Erklärungsfunktion in Bezug auf das schulische Fachwissen gerecht werden kann. Durch das vorgestellte Lehr-/Lern-Modul

wird ebenjener Transformationsprozess initiiert und gleichzeitig werden die angehenden Lehrkräfte für die Notwendigkeit derartiger Transformationsprozesse sensibilisiert, um diese zukünftig auch eigenständig weiterführen zu können. Die vorgestellten Evaluationsergebnisse lassen einen positiven Einfluss des spezifischen Modulkonzepts auf das Professionswissen der angehenden Lehrkräfte (Modulphase 1: pPCK, Modulphase 2: ePCK) erkennen, welche durch konkrete Analysen der Prozessportfolios weiter untermauert werden (Prewitz & Groß, 2025a, eingereicht). Dies zeigt die Notwendigkeit einer expliziten Wissensvernetzung in der Domäne Fachwissen der Chemielehrerbildung und hebt gleichzeitig die Bedeutung derartiger Kohärenzsteigernder Lehrkonzepte hervor. Wenngleich das Lehr-/Lern-Modul für die universitäre chemiedidaktische Bildung entwickelt wurde, kann das spezifische Vorgehen als fachunabhängig angesehen werden. In diesem Sinne sollte es möglich sein, das Konzept auf andere Fachbereiche zu übertragen und entsprechend inhaltlich anzupassen, mit dem Ziel, den universitären Professionalisierungsprozess aller angehenden Lehrer\*innen frühzeitig zu fördern.

## 6 Literatur

- Ableitinger, C., Kramer, J. & Prediger, S. (Hrsg.). (2013). *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-01360-8>
- Anastasiou, D., Wirngo, C. N. & Bagos, P. (2024). Correction: The Effectiveness of Concept Maps on Students' Achievement in Science: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 36(2). <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09900-2>
- Anderson, R. C. (1984). Some Reflections on the Acquisition of Knowledge. *Educational Researcher*, 13(9), 5–10. <https://doi.org/10.3102/0013189X013009005>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2013). The COACTIV Model of Teachers' Professional Competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (S. 25–48). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_2)
- Bonnet, A. & Hericks, U. (2014). Professionalisierung und Deprofessionalisierung im Lehrer/innenberuf. Ansätze und Befunde aktueller empirischer Forschung [Editorial]. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 3–13. <https://doi.org/10.25656/01:16026>
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte*. Huber.
- Bromme, R. (1997). The teacher as an expert: Everyday concepts and some facts about the knowledge base of the teaching profession. In W. Bünder & K. Rebel (Hrsg.), *IPN-Materialien. Teacher education: Theoretical requirements and professional reality : proceedings of the 13th Seminar of the International Society for Teacher Education* (S. 23–40). Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U [Uta], Tsai, Y.-M. & Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 521–544. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0166-1>

- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A [Andreas], Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R [Rebecca], Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A [Anne], Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., . . . Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 77–94). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2)
- Clark, D. B. & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 293–321. <https://doi.org/10.1002/tea.20216>
- Davis, E. A. (2003). Prompting Middle School Science Students for Productive Reflection: Generic and Directed Prompts. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 91–142. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1201\\_4](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1201_4)
- Dreher, A., Lindmeier, A. & Heinze, A. (2016). Conceptualizing professional content knowledge of secondary teachers taking into account the gap between academic and school mathematics. In C. Csikos, A. Rausch & J. Szitányi (Hrsg.), *Proceedings of the 40th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (S. 219–226). PME.
- Eshuis, E. H., Vrugte, J. ter, Anjewierden, A. & Jong, T. de (2022). Expert examples and prompted reflection in learning with self-generated concept maps. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(2), 350–365. <https://doi.org/10.1111/jcal.12615>
- Eshuis, E. H., Vrugte, J. ter & Jong, T. de (2022). Supporting reflection to improve learning from self-generated concept maps. *Metacognition and Learning*, 17(3), 691–713. <https://doi.org/10.1007/s11409-022-09299-7>
- Ge, X. & Land, S. M. (2003). Scaffolding students' problem-solving processes in an ill-structured task using question prompts and peer interactions. *Educational Technology Research and Development*, 51(1), 21–38. <https://doi.org/10.1007/BF02504515>
- Gleaves, A., Walker, C. & Grey, J. (2008). Using digital and paper diaries for assessment and learning purposes in higher education: a case of critical reflection or constrained compliance? *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 33(3), 219–231. <https://doi.org/10.1080/02602930701292761>
- Glowinski, I [I.], Unverricht, K [K.] & Borowski, A [Andreas]. (2018). Erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext als konzeptuelle Grundlage von berufsspezifischen Anteilen des fachwissenschaftlichen Studiums sowie von Fachdidaktik und Fachwissenschaft vernetzenden Lehrveranstaltungen. In I. Glowinski, J. Gillen, A. Borowski, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung: Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 103–124). Universitätsverlag Potsdam.
- Hamza, K. M. & Wickman, P.-O. (2013). Student Engagement with Artefacts and Scientific Ideas in a Laboratory and a Concept-Mapping Activity. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2254–2277. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.743696>
- Hefendehl-Hebeker, L. (2013). Doppelte Diskontinuität oder die Chance der Brückenschläge. In C. Ableitinger, J. Kramer & S. Prediger (Hrsg.), *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung* (S. 1–15). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-01360-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-01360-8_1)
- Hellmann, K. (2019). Kohärenz in der Lehrerbildung – Theoretische Konzeptionalisierung. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz*

- in der Lehrerbildung* (S. 9–30). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_2)
- Henning-Kahmann, J. & Hellmann, K. (2019). Entwicklung eines Fragebogens zur Erfassung der studentischen Kohärenzwahrnehmung im Lehramtsstudium. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (S. 33–50). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_3)
- Hermanns, J. (2019). School meanings related content knowledge for german university teacher – conception and evaluation of tasks in the seminar “Organic Experimentalchemistry I”. *CHEMKON*, 26(1), 31–35. <https://doi.org/10.1002/ckon.201800024>
- Izci, E. & Akkoc, E. A. (2024). The impact of concept maps on academic achievement: A meta-analysis. *Heliyon*, 10(1), e23290. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23290>
- Joos, T. A., Liefländer, A. & Spörhase, U. (2019). Studentische Sicht auf Kohärenz im Lehramtsstudium. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (S. 51–67). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_4)
- Kirschner, P. A. & Hendrick, C. (2020). *How learning happens: Seminal works in educational psychology and what they mean in practice* (Bd. 65). Routledge. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00565-6>
- Klein, F. (1910). Elementarmathematik von höheren Standpunkt aus. *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 21(1), A18-A19. <https://doi.org/10.1007/BF01693262>
- Klinzing, H. G. (1976). Die Integration von Skilltraining und Interaktionsanalyse in Kursen zum Training des Lehrerverhaltens am Zentrum für Neue Lernverfahren der Universität Tübingen. In W. Zifreund (Hrsg.), *Training des Lehrerverhaltens und Interaktionsanalyse* (S. 304–350). Beltz.
- Kori, K., Pedaste, M., Leijen, Ä. & Mäeots, M. (2014). Supporting reflection in technology-enhanced learning. *Educational Research Review*, 11, 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.11.003>
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29(3-4), 233–258. <https://doi.org/10.1007/BF03339063>
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
- Kultusminister Konferenz. (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf)
- Kultusminister Konferenz & Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. Carl Link. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2020/2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Chemie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf)
- Kunter, M., Baumert, J. & Blum, W. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (1. Edition). Waxmann Verlag GmbH.
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U [Uta] & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert & W. Blum (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (1. Edition). Waxmann Verlag GmbH.

- Lew, M. D. N. & Schmidt, H. G. (2011). Self-reflection and academic performance: is there a relationship? *Advances in health sciences education : theory and practice*, 16(4), 529–545. <https://doi.org/10.1007/s10459-011-9298-z>
- Lorentzen, J. (2020). *Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens*. Logos Verlag.
- Mattes, W. (2011). *Methoden für den Unterricht. Kompakte Übersichten für Lehrende und Lernende. 1. Dr. Schöningh*.
- Ministerium für Schule und Bildung NRW. (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen* (1. Edition). *Schule in NRW: Bd. 3415*.
- Ministerium für Schule und Bildung NRW. (2022). *Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II - Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen* (1. Edition). *Schule in NRW: Bd. 4723*. Ritterbach.
- Novak, J. D. (2005). Results and Implications of a 12-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *Research in Science Education*, 35(1), 23–40. <https://doi.org/10.1007/s11165-004-3431-4>
- Prewitz, N. & Groß, K. (2024). Förderung des professionsrelevanten Fachwissens angehender Chemielehrender. In H. van Vorst (Vorsitz), *Jahrestagung 2023*. Symposium im Rahmen der Tagung von GDCP, Hamburg. [https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/G22\\_Prewitz.pdf](https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/G22_Prewitz.pdf)
- Prewitz, N. & Groß, K. (2025a, eingereicht). Design and Evaluation of an Iterative Concept Mapping Approach to Foster the Interlinking of University-Acquired Chemistry Content Knowledge for School Teaching. *Chem. Educ. Res. Pract.*
- Prewitz, N. & Groß, K. (2025b). The Importance of a Horizontal Interlinking Dimension in Content Knowledge for Chemistry Teacher Education. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01017>
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based-Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33. <https://doi.org/10.25656/01:5787> (Unterrichtswissenschaft 33 (2005) 1, S. 52–69).
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47(2), 78–92.
- Romero, C., Cazorla, M. & Buzón, O. (2017). Meaningful learning using concept maps as a learning strategy. *Journal of Technology and Science Education*, 7(3), 313. <https://doi.org/10.3926/jotse.276>
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J. & Adesope, O. O. (2018). Studying and Constructing Concept Maps: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 30(2), 431–455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>
- Schwendimann, B. A. & Linn, M. C. (2016). Comparing two forms of concept map critique activities to facilitate knowledge integration processes in evolution education. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(1), 70–94. <https://doi.org/10.1002/tea.21244>
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Terhart, E. (2009). Erste Phase: Lehrerbildung an der Universität. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, D. Sembill, R. Nickolaus & R. Mulder (Hrsg.), *Beltz Bibliothek. Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 425–437). Beltz.

van Loon, M. H. (2019). Self-Assessment and Self-Reflection to Measure and Improve Self-Regulated Learning in the Workplace. In S. McGrath, M. Mulder, J. Papier & R. Stuart (Hrsg.), *Handbook of Vocational Education and Training* (S. 1–20). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-49789-1\\_88-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-49789-1_88-1)

## 7 Beitragsinformationen

### Zitationshinweis:

Name, . (Jahr). Titel. *HLZ – Herausforderung Lehrer\*innenbildung, Band (Nr), Seiten.*  
<https://doi.org/10.11576/hlz->

Eingereicht: TT.MM.JJJJ / Angenommen: TT.MM.JJJJ / Online verfügbar: TT.MM.JJJJ

ISSN: 2625–0675



Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).  
 URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

## 8 English Information

**Title:** Conception and evaluation of a teaching-/learning module to increase the coherence of (university) chemistry teacher education

### Abstract:

Prospective (chemistry-) teachers often struggle to transform the subject-specific knowledge acquired at university into forms that are suitable for school teaching, and to use it as a necessary foundation and justification for the subject matter to be taught. A key reason for this challenge is the lack of coherence within university-based teacher education programmes, which impedes the comprehensive and appropriate development of professional competencies in pre-service teachers – particularly in the domain of content knowledge. To address this issue, students need targeted support in the transformation process from university-level content knowledge to profession-relevant content knowledge (PRCK) that is applicable within the school context.

This paper presents a teaching-/learning module explicitly designed to support and promote this transformation process. The module was developed as part of a design-based research project in the field of chemistry education. In addition to outlining specific didactic and methodological decisions, the paper also provides insights into the evaluation of the course.

**Keywords:** chemistry teacher education, coherence, professionalisation, profession-relevant content knowledge, teaching-/learning module

## 5.1 Weiterführende Reflexion des Modulkonzepts

Im Rahmen dieses Kapitels wird die im vorausgegangenen Artikel begonnene Reflexion des Gesamtmodulkonzepts fortgeführt. Dazu werden die im Rahmen von Artikel 3 vorgestellten numerisch deskriptiv-statistischen Ergebnisse der geschlossenen Frageitems um die Antworten der angehenden Lehrkräfte auf die drei offenen Frageitems des Gesamtevaluationsbogens (Anhang I.IV, S. 140 ff.) ergänzt und kontextualisiert. Die Antworten der Studierenden auf die Impulsfragen „Beurteilen Sie die inhaltliche Progression innerhalb dieser Lehrveranstaltung (vertikale Kohärenz)“, „Beurteilen Sie die Verknüpfung von theoretischem Input mit praktischer Erprobung innerhalb dieser Lehrveranstaltung“ und „Beurteilen Sie: Hat diese Lehrveranstaltung zu einer Kohärenzsteigerung beigetragen?“ werden mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) (vgl. Kapitel 3.4.2.1, S. 33 ff.) ausgewertet (Codierleitfaden in Anhang II.IV, S. 149 f.). Die Differenzierung in die Hauptkategorien *positives Feedback* (K1<sub>R</sub>) und *Kritik bzw. Verbesserungsvorschläge* (K2<sub>R</sub>) wird a priori durchgeführt. Die Ausdifferenzierung von K1<sub>R</sub> erfolgt induktiv auf Grundlage des Datenmaterials, die Subkategorien von K2<sub>R</sub> werden deduktiv aus den Zielsetzungen des Lehr-/Lern-Moduls (vgl. Kapitel 4.1.3, S. 51 ff.) sowie den eingesetzten Methoden abgeleitet. Eine Übersicht über die gebildeten Kategorien findet sich – differenziert nach Hauptkategorien – in Tabelle 1 (K1<sub>R</sub>) und Tabelle 2 (K2<sub>R</sub>).

Tabelle 1: Kategoriensystem der Auswertung der offenen Frageitems der Gesamtmodulevaluation mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz) in Bezug auf positive Rückmeldungen (K1<sub>R</sub> (41/51)).

(n/N): Anzahl der angehenden Lehrkräfte, die Aussagen in der Subkategorie tätigen / Anzahl der angehenden Lehrkräfte mit Aussagen in der Oberkategorie.

| Subkategorie                                 | Ausdifferenzierte Subkategorien   | Beispielaussagen der angehenden Lehrkräfte   |
|--|---|--|
| K1.1 <sub>R</sub> (11/41)<br>methodenbezogen | K1.1.1 <sub>R</sub> (4/11)<br>Concept Mapping   | „Concept-Maps waren sehr gut, um die Zusammenhänge nachzuvollziehen“ (KNJE)  |
|  | K1.1.2 <sub>R</sub> (7/11)<br>Microteaching   | „Die Micro-Teachings haben gefördert, die Fachinhalte bei einem selbst so zu vernetzen, dass man sie einer anderen Gruppe präsentieren kann.“ (BRJE)<br><br>„Ich fand das MT sehr gelungen, da hier (unbekannte) Fachinhalte aufbereitet werden mussten und die Instrukionsphase (die sonst nicht so sehr gelehrt wird) zur Geltung kam.“ (UTJA) |
| K1.2 <sub>R</sub> (33/41)<br>kohärenzbezogen | K1.2.1 <sub>R</sub> (7/33)<br>Theorie-Praxis-Bezug  | „Wir haben stets genug Zeit gehabt, um die Theorie in die Praxis umzusetzen und es wurde genug Zeit dafür eingeplant.“ (UTJA)  |
|  | K1.2.2 <sub>R</sub> (13/33)<br>Vertikale Kohärenz zwischen Universität und Schule (Überwinden der Diskontinuität) | „Das Aufgreifen der Themenfelder und Verknüpfung mit den Basiskonzepten war eine gute Möglichkeit die bisher gelernten fachwissenschaftlichen Inhalte mit den möglichen Begegnungen in der Schule zu verbinden.“ (VNJO)  |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | „Innerhalb der Veranstaltung wurde das universitäre Fachwissen aufgegriffen und in Bezug zum schulischen Kontext gesetzt.“ (GEJD)   |
|  | K1.2.3 <sub>R</sub> (24/33)<br>Horizontale Kohärenz innerhalb der Domäne Fachwissen (Defragmentierung) | „Die Verknüpfung innerhalb der Fachwissenschaft hat sich super ausgebaut.“ (LLAE)<br>„Durch die Verknüpfung von SB und RedOx und die Besprechung der Basiskonzepte wurde die Kohärenz gesteigert.“ (SNJR)   |
|  | K1.2.4 <sub>R</sub> (8/33)<br>Horizontale Kohärenz zwischen Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen     | „Die Veranstaltung hat bereits gelernte Aspekte der Fachwissenschaft mit denen der Fachdidaktik verknüpft.“ (VNJO)<br>„Die Veranstaltung hat definitiv viele Impulse zur Verknüpfung zwischen FD/FW gegeben, sowohl praktisch als auch theoretisch.“ (MNJM) |
|  | K1.2.5 <sub>R</sub> (14/33)<br>Allgemeine Aussagen zur Wissensverknüpfung                              | „Zur Vernetzung ideale Vorgehensweise.“ (LLAE)<br>„Die Veranstaltung hat zur Kohärenzsteigerung beigetragen und eine deutliche fachliche Verbesserung herbeigeführt.“ (SKNE)  |

Tabelle 2: Kategoriensystem der Auswertung der offenen Frageitems der Gesamtmodulevaluation mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz) in Bezug auf geäußerte Kritik bzw. Verbesserungsvorschläge (K2<sub>R</sub> (35/51)).

(n/N): Anzahl der angehenden Lehrkräfte, die Aussagen in der Subkategorie tätigen / Anzahl der angehenden Lehrkräfte mit Aussagen in der Oberkategorie.

| Subkategorie   | Ausdifferenzierte Subkategorien   | Beispielaussagen der angehenden Lehrkräfte  |
|--|---|---|
| K2.1 <sub>R</sub> (28/35)<br>Gesamtmodulbezogene Forderungen                   | K2.1.1 <sub>R</sub> (6/28)<br>Forderung nach mehr Methodenvielfalt                | „Mit Inhalten auseinandersetzen finde ich gut & richtig, ich persönlich würde die Inhalte & Bezüge mit unterschiedlichen Methoden herstellen.“ (SINA)<br>„Ich hätte mir mehr Varietät gewünscht. Es wäre schön gewesen mehrere Methoden abseits der CM kennenzulernen.“ (BNJR)                          |
|  | K2.1.2 <sub>R</sub> (12/28)<br>Forderung nach mehr angeleiteter Vernetzung        | „Die Verknüpfung mit den Basiskonzepten, hätte hingegen etwas ausführlicher erarbeitet werden können, da es im vorherigen Studienverlauf keinerlei Verknüpfung mit diesen gab.“ (KIFD)<br>„Die Verknüpfung von RedOx + SB mit weiteren Themen des Chemieunterrichts wäre noch wünschenswert.“ (BNJR)    |
|  | K2.1.3 <sub>R</sub> (5/28)<br>Forderung nach mehr Praxisanteilen                  | „Mehr unterrichtsnahe Übungen/Simulationen wären gut.“ (ATOO)<br>„Microteaching sehr positiv, vielleicht allerdings mehrere kleine Einheiten über das Semester verteilt.“ (CIJU)  |
|  | K2.1.4 <sub>R</sub> (11/28)<br>Forderung nach stärkerem Einbezug der Fachdidaktik | „Anknüpfungspunkte zwischen den einzelnen Themen auch didaktisch ausarbeiten wäre interessant gewesen "wie komme ich von Thema A zu B".“ (BIJL)<br>„Meiner Meinung nach hätte man einen größeren Fokus auf die Erprobung fachdidaktischer Inhalte im praktischen Setting setzen können.“ (BTAE)         |
| K2.2 <sub>R</sub> (15/35)<br>Auf Modulphase 2 bezogene Forderungen bzw. Kritik | K2.2.1 <sub>R</sub> (5/15)<br>Kritik an fachlichem Anspruch der OC-Themen         | „OC-Themen gingen meiner Meinung nach etwas zu tief ins Thema.“ (GUFA)<br>„Thema von Kath-Schorr setzt zu viel biologisches Vorwissen voraus.“ (FNMI)   |
|  | K2.2.2 <sub>R</sub> (13/15)<br>Wahrgenommener Bruch zwischen Modulphase 1 und 2   | „MT fühlte sich als Bruch an, da vorher die ganze Zeit Säure/Base & RedOx gemacht wurde. Verbindendes Medium war nur die Methode CM.“ (FNMI)<br>„Die Verknüpfung zwischen der BC/OC-Thematik und den vorangegangenen Themenfeldern hätte noch deutlicher sein können - hier gab es einen Bruch.“ (ARSE) |

Hinsichtlich eines positiven Einflusses des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls auf die vertikale Kohärenz zwischen universitärem Ausbildungsabschnitt und schulischer Lehrtätigkeit (K1.2.2<sub>R</sub>, Tabelle 1) nennen 13 angehende Lehrkräfte explizit das Schaffen von Bezügen zwischen universitär erworbenem Fachwissen und Schulwissen, ausgehend von der Ebene des universitär erworbenen Fachwissens. Dabei wird explizit die Rolle der Basiskonzepte im Transferprozess betont, was sich mit den Portfolioausagen in Bezug auf die Effekte der ersten Modulphase (vgl. Kapitel 4.4, S. 62 ff.) deckt. Darüber hinaus wird der positive Einfluss der Microteachings im Transferprozess (Anwendung des Fachwissens in Lehrsituationen) von sieben angehenden Lehrkräften explizit herausgestellt (K1.1.2<sub>R</sub>, Tabelle 1). Zusammen mit den positiven Evaluationsergebnissen der geschlossenen Itemgruppe *Vertikale Kohärenz* (Abb. 14, S. 92) deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass das entwickelte Modulkonzept geeignet ist, Zielsetzung 2 (S. 52) zu adressieren und damit zur Überwindung der wahrgenommenen Diskontinuität zwischen universitärem Ausbildungsabschnitt und schulischer Lehrtätigkeit (vgl. Kapitel 4.1.2, S. 42 ff. sowie Kapitel 2.4, S. 15 ff.) beizutragen. In Bezug auf die Vernetzung zwischen Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen im Sinne der Steigerung der horizontalen Kohärenz zwischen den Wissensdomänen zeigen bereits die geschlossenen Frageitems ein positives Ergebnis (Abb. 15, S. 93). Dieses deckt sich mit den Aussagen der angehenden Lehrkräfte zu den offenen Frageitems. So betonen acht Studierende explizit den Beitrag des Lehr-/Lern-Moduls zur Verknüpfung von Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen (K1.2.4<sub>R</sub>, Tabelle 1), ausgehend von dem im Rahmen des Studiums erworbenen Vorwissen. Der „Verweis auf Anknüpfungspunkte mit der Fachdidaktik“ wird von den angehenden Lehrkräften in den geschlossenen Frageitems als am stärksten ausbaufähiger Aspekt eingeschätzt (Abb. 15, S. 93). Dies spiegelt sich auch in den offenen Antworten wider. So fordern 11 Studierende einen stärkeren Einbezug der fachdidaktischen Perspektive (K2.1.4<sub>R</sub>, Tabelle 2) – vor allem auf die praktische Anwendung fachdidaktischer Aspekte (bspw. in Unterrichtssimulationen, vgl. auch K2.1.3<sub>R</sub>, Tabelle 2) bezogen. Die nachrangige Behandlung fachdidaktischer Aspekte resultiert vor allem aus der Fokussierung des Lehr-/Lern-Moduls auf die Transformation des universitär erworbenen Fachwissens zum PRFW. Diese hat sich im Rahmen des Re-Designs von Modulphase 1 (vgl. Kapitel 4.4, S. 62 ff.) als Hauptziel mit Blick auf die Unterstützung der angehenden Lehrkräfte in ihrem Professionalisierungsprozess herauskristallisiert (vgl. hierzu auch Kapitel 2.5, S. 17 ff.). In Bezug darauf betonen 24 angehende Lehrkräfte, dass die

Fachinhaltsvernetzung durch das spezifische Vorgehen gesteigert wurde (K1.2.3<sub>R</sub>, Tabelle 1), was zu einer Defragmentierung des universitär erworbenen Fachwissens und damit zu einer Kohärenzsteigerung innerhalb der Domäne Fachwissen beiträgt. Damit kann das konzipierte Lehr-/Lern-Modul die angestrebte Wirkung in Bezug auf Zielsetzung 1 (S. 52) erfüllen.

Die schwächsten quantitativen Evaluationsergebnisse erhält das Lehr-/Lern-Modul für die horizontale Kohärenz im Sinne eines Theorie-Praxis-Bezugs, wobei auch dieser Aspekt von der Mehrheit der angehenden Lehrkräfte positiv eingeschätzt wird (Abb. 15, S. 93). Im Rahmen der offenen Fragen fordern fünf angehende Lehrkräfte explizit mehr Praxisanteile (K2.1.3<sub>R</sub>, Tabelle 2), wohingegen sieben angehende Lehrkräfte den Theorie-Praxis-Bezug positiv hervorheben (K1.2.1<sub>R</sub>, Tabelle 1). Auch der geringer ausgefallene Theorie-Praxis-Bezug resultiert aus der Fokussierung auf die Fachwissenstransformation in Modulphase 1. Auf Grund der Notwendigkeit einer umfassend ausgebildeten pPCK-Wissensbasis für die Anwendung des Wissens im Lehrkontext (ePCK) (vgl. Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.) kann der Theorie-Praxis-Transfer erst sinnvoll im Anschluss an die Wissenstransformation, welche im konzipierten Lehr-/Lern-Modul eine umfassende Stellung einnimmt, erfolgen und ist damit nur zeitlich eingeschränkt möglich. Hier besteht weiter Nachbesserungsbedarf im Hinblick auf das Erreichen von Zielsetzung 3 (S. 52).

Aus den Antworten auf die offenen Frageitems ergeben sich darüber hinaus weitere Erkenntnisse in Bezug auf das spezifische Vorgehen in Modulphase 2 (Kapitel 4.5, S. 75 ff.), welche für eine erste Evaluation hinsichtlich notwendiger Re-Design-Entscheidungen herangezogen werden können (K2.2<sub>R</sub>, Tabelle 2). So äußern fünf angehende Lehrkräfte Kritik am fachinhaltlichen Anspruch der unbekanntenen Themen aus dem Bereich der Organischen Chemie (K2.2.1<sub>R</sub>, Tabelle 2) – insbesondere der kovalenten RNA-Markierung (Kath-Schorr et al.). Zwar ist zum Verständnis der dahinterstehenden organisch-chemischen Reaktionswege nicht zwangsweise biochemisches Wissen erforderlich (vgl. Kapitel 4.5, S. 75 ff.), der enge Bezug zur Biochemie kann jedoch eine Hemmschwelle für die angehenden Lehrkräfte darstellen, da diese Subdisziplin im Verlaufe der universitären Lehrkräftebildung nicht explizit thematisiert wird (Griesbeck & von der Gönna, 2018). Hier ist mit Blick auf ein Re-Design eine Themensubstitution als sinnvoll zu erachten. Mit Blick auf Zielsetzung 4 (S. 52) ist darüber hinaus der von den angehenden Lehrkräften wahrgenommene Bruch zwischen Modulphase 1 und 2 von Bedeutung: So äußern 13 angehende Lehrkräfte, keine

Verknüpfung zwischen den behandelten Fachinhalten beider Modulphasen (RedOx- und Säure-Base-Chemie in Modulphase 1 sowie OC in Modulphase 2) zu erkennen (K2.2.2<sub>R</sub>, Tabelle 2). Dies kann zum einen methodische Ursachen haben, so steht Modulphase 2 vor allem unter der Zielsetzung eines Theorie-Praxis-Transfers im Rahmen der Microteachings, während Modulphase 1 vor allem die Fachwissenstransformation mittels Concept Maps fokussiert (vgl. Kapitel 5, S. 82 ff.), zum anderen aber auch auf Herausforderungen in der eigenständigen Fortführung der Fachwissensvernetzung hindeuten. So sollen die angehenden Lehrkräfte im Rahmen von Modulphase 1 ein Meta-Wissen über den Vernetzungsprozess von universitär erworbenem Fachwissen hin zum – für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähigen – PRFW erwerben, welches sie zur eigenständigen Fortführung der begonnenen Fachwissenstransformation und damit der Ergänzung des PRFW um neue Fachinhalte befähigt (vgl. Kapitel 4.3, S. 59 ff.). Eine erste Anwendungssituation kann in der vernetzten Erschließung der unbekannt organisch-chemischen Fachinhalte gesehen werden. Der durch die angehenden Lehrkräfte wahrgenommene Bruch kann somit auch als Indiz dafür gesehen werden, dass die Anwendung des erworbenen Metawissens die angehenden Lehrkräfte vor Herausforderungen stellt. Dies würde auch die Forderung nach mehr angeleiteter Fachwissensvernetzung (K2.1.2<sub>R</sub>, Tabelle 2) erklären und verdeutlicht die Bedeutung extern initiiertes bzw. angeleiteter Fachwissensvernetzung bzw. -transformation (bspw. in Form von kohärenzfördernden Lehr-/Lern-Modulen) für die Professionalisierung der angehenden Lehrkräfte für die schulische Lehrtätigkeit.

Als letzte Kategorie in Bezug auf bestehende Verbesserungspotenziale kann der Wunsch nach mehr Methodenvielfalt (K2.1.1<sub>R</sub>, Tabelle 2), den sechs angehende Lehrkräfte äußern, gesehen werden. Dies betrifft insbesondere die Arbeit mit Concept Maps im Rahmen von Modulphase 1, welche auf Grund der Bedarfsermittlung im Re-Designprozess (vgl. Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.) deutlich ausgedehnt wurde (vgl. Kapitel 4.4, S. 62 ff.). Hier wäre beispielsweise eine stärkere Adaption des spezifischen Vorgehens an das Vorwissensniveau der Lerngruppe denkbar, im Rahmen dessen einzelne Concept-Mapping-Schritte zusammengefasst werden könnten. Darüber hinaus wäre es möglich, leistungsstarken Gruppen die Wahl eigener Methoden freizustellen.

Insgesamt wird das konzipierte Lehr-/Lern-Modul durch die angehenden Lehrkräfte jedoch positiv mit Blick auf die zu Grunde liegende Zielsetzung (vgl. Kapitel 3.2, S. 28 f.) bewertet, wie die quantitativen Ergebnisse zur Kohärenzsteigerung (vgl.

Kapitel 5 – Absatz 4.1, S. 92 f.) sowie die Aussagen der Studierenden in den Prozessportfolios (vgl. Kapitel 5 – Absatz 4.2, S. 93 f.) zeigen.

## 6 Zusammenfassung und Fazit

Ziel der vorliegenden Arbeit und damit des zu Grunde liegenden Promotionsprojektes war es, ein Lehr-/Lern-Modul für die universitäre Chemielehrkräftebildung (an der Universität zu Köln) zu konzipieren, welches zur Schaffung einer umfassenden (sowohl horizontalen als auch vertikalen) Kohärenz innerhalb der fachbezogenen Professionswissensdomänen – insbesondere der Domäne Fachwissen – beiträgt und die angehenden Lehrkräfte so in ihrem Professionalisierungsprozess bestmöglich unterstützt (vgl. Kapitel 3.2, S. 28 f.). Als forschungsmethodische Rahmung des Projektes wurde der Design-Based-Research-Ansatz gewählt, um neben dem in der Praxis wirksamen Modulkonzept auch theoriebezogene Ableitungen über die konkreten Wirkungsfaktoren generieren zu können (vgl. Kapitel 3.3, S. 29 f.). Nachfolgend werden die konkreten Planungsschritte sowie resultierende evaluative und theoriegenerierende Ergebnisse übersichtsartig zusammengefasst (Kapitel 6.1), Limitationen werden aufgezeigt (Kapitel 6.2) und es wird ein Fazit in Bezug auf die übergeordnete Zielsetzung sowie die leitende Forschungsfrage gezogen (Kapitel 6.3).

### 6.1 Zusammenfassung

#### 6.1.1 Rahmung der Arbeit – Framing

Im Sinne eines Framings wurden zunächst literaturgeleitet die zentrale Rolle der universitären Lehrkräftebildung im Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte (Kapitel 2.1 – 2.2, S. 4 ff.) sowie die Bedeutung einer kohärenten Gestaltung dieser (Kapitel 2.3, S. 13 ff.) herausgestellt. Vor diesem Hintergrund zeigen die kohärenzbezogenen Probleme der durch angehende Lehrkräfte wahrgenommenen Diskontinuität bzw. Fragmentierung der universitären Lehrkräftebildung (Kapitel 2.4, S. 15 ff.) einen akuten Handlungsbedarf (Kapitel 2.6, S. 19 ff.) auf. Dieser konnte auf Basis einer Fragebogenstudie zur Kohärenz der Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln standortspezifisch konkretisiert werden (Kapitel 4.1.2, S. 42 ff.). Als konkrete kohärenzbezogene Probleme zeigten sich in Bezug auf die leitende Untersuchungsfrage „Wie bewerten angehende Lehrkräfte die gymnasiale Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln im Hinblick auf die verschiedenen Kohärenzdimensionen und welche kohärenzbezogenen Faktoren nehmen sie konkret wahr?“ eine starke Fragmentierung der fachinhaltlichen Lehre in einzelne Subdisziplinen und daraus resultierend eine Fragmentierung des universitär erworbenen Fachwissens

(mangelnde horizontale Kohärenz innerhalb der Domäne Fachwissen), mangelnde Bezüge zwischen den Säulen Fachwissenschaft und Fachdidaktik und damit eine mangelnde Vernetzung von Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen (mangelnde horizontale Kohärenz zwischen den fachbezogenen Professionswissensdomänen) sowie eine nicht wahrgenommene Anschlussfähigkeit des universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit (fachinhaltliche Diskontinuität, mangelnde vertikale Kohärenz innerhalb der Domäne Fachwissen).

Aus den wahrgenommenen Herausforderungen wurden vier konkrete Zielsetzungen in Bezug auf die Konzeption des Lehr-/Lern-Moduls abgeleitet (Kapitel 4.1.3, S. 51 ff.):

1. Horizontale Vernetzung des universitär erworbenen Fachwissens über die Subdisziplingrenzen hinaus zur Überwindung der wahrgenommenen Fragmentierung.
2. Transformation des universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die Schulwissensstrukturen, um Anknüpfungspunkte erkennen zu lassen und so der wahrgenommenen Diskontinuität zu begegnen.
3. Anwendung des transformierten Fachwissens im Lehrprozess, um so ebenfalls der wahrgenommenen Diskontinuität praktisch zu begegnen.
4. Vermittlung eines Meta-Wissens über die Fachwissensvernetzung, um die angehenden Lehrkräfte dazu zu befähigen, die Wissenstransformation selbstständig fortzuführen.

Da entsprechend des im *Refined Consensus Model of PCK* (RCM) (Carlson et al., 2019) aufgezeigten Professionalisierungsprozesses (Kapitel 2.1.2, S. 8 ff.) die Ausbildung einer umfassenden persönlichen Wissensbasis (pPCK) als Voraussetzung für die Anwendung des Wissens im konkreten Lehrprozess (ePCK) angesehen werden kann, werden beide Facetten in jeweils einer eigenen Modulphase fokussiert: Modulphase 1 verfolgt das Ziel der vernetzenden Transformation des universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die Schulwissensstrukturen, um so der wahrgenommenen Fragmentierung entgegenzuwirken und eine umfassende pPCK-Wissensbasis zu schaffen (Zielsetzung 1 und 2). Modulphase 2 fokussiert anschließend den Transfer des transformierten Fachwissens in den Lehrprozess, um es für diesen verfügbar zu machen und der wahrgenommenen Diskontinuität entgegenzuwirken (Zielsetzung 3). Der Metawissenserwerb (Zielsetzung 4) wird über beide Modulphasen hinweg durch eine prozessbegleitende, angeleitete Reflexion gefördert (vgl. Kapitel 4.1.3, S. 51 ff.).

## 6.1.2 Modulkonzeption – (Re-)Design-Prozess

Die Grundkonzeption erfolgte literaturgeleitet, wobei sich für die Methode des Concept Mappings zur Wissensvernetzung und -transformation (Kapitel 4.2.1, S. 4.2.1 ff.) und die Methode des Microteachings in Form des Peerteachings zum Wissenstransfer in die Lehrpraxis (Kapitel 4.5, S. 75 ff.) entschieden wurde. Die Metareflexion wurde mittels Prozessportfolios realisiert. Beide Modulphasen wurden getrennt voneinander evaluiert und weiterentwickelt (Kapitel 4.2.2, S. 56 ff. und 4.6, S. 79 ff.), wobei der Fokus auf dem (Re-)Designprozess von Modulphase 1 (Kapitel 4.4) lag.

Die Prozessportfolios der angehenden Lehrkräfte dienten als zentrales Erhebungsinstrument im (Re-)Designprozess, um einen Einblick in die persönlichen Lernwege der angehenden Lehrkräfte zu erhalten und aus den reflektierten Herausforderungen bzw. Effekten des spezifischen Vorgehens konkrete re-design- sowie theoriebezogene Erkenntnisse abzuleiten (Kapitel 4.2.2 – 4.4, S. 56 ff.).

### 6.1.2.1 Re-Designbezogene Evaluation Modulphase 1

Mit Blick auf das Re-Design von Modulphase 1 wurden die Prozessportfolios zunächst hinsichtlich der Untersuchungsfrage „Welche Herausforderungen nehmen angehende Chemielehrkräfte im Prozess der horizontalen (Re-)Strukturierung und Vernetzung ihres Fachwissens mittels Concept Maps wahr?“ ausgewertet (Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.). In Verbindung mit einem Curriculavergleich der universitären und schulischen Lehrinhalte des Fachbereichs Chemie konnte daraus ein begründetes Re-Design von Modulphase 1 abgeleitet werden (ebd.). So offenbarte der Curriculavergleich zwar eine weitestgehende Entsprechung der universitären und schulischen Lehrinhalte, machte aber auch die stark unterschiedliche Strukturierung beider Wissensbereiche deutlich (vgl. Anhang IV.I, S. 152 f.). Während das Schulwissen subdisziplinübergreifend nach Inhaltsfeldern und durch verbindende Basiskonzepte strukturiert ist, erfolgt die universitäre Lehre gegliedert nach historisch gewachsenen Subdisziplinen. Unter Einbezug der Ergebnisse zur Kohärenzwahrnehmung konnte hieraus die Fragmentierung des universitär erworbenen Fachwissens als mögliche Ursache für die wahrgenommene Diskontinuität abgeleitet werden. Diese resultiert somit im Fachbereich Chemie nicht aus divergenten Wissensinhalten, wie dies beispielsweise im Fachbereich Mathematik der Fall ist (Dreher et al., 2023; Heinze et al., 2016; Klein, 1910, 2016), sondern aus einer abweichenden Strukturierung des Wissens. Aus diesem Grund erscheint die Einführung eines spezifischen *vertieften Schulwissens* – im Sinne eines

Verbindungswissens zwischen universitärem Fachwissen und Schulwissen – im Fachbereich Chemie als wenig zielführend. Des Weiteren konnte die wahrgenommene Fragmentierung des universitär erworbenen Fachwissens auf die subdisziplindifferenzierte Lehre dessen, ohne das Explizieren konkreter subdisziplinübergreifender Anknüpfungspunkte zurückgeführt werden. Die Portfolioeinträge der angehenden Lehrkräfte zeigten, dass das universitär erworbene Fachwissen weitestgehend als fragmentiertes Faktenwissen vorliegt, woraus Herausforderungen in der vernetzenden Transformation des Wissens mit Blick auf die Schulwissensstrukturen resultieren.

#### **6.1.2.2 Theoriebezogene Ableitung: Konzeptualisierung des Professionsrelevanten Fachwissens**

Die genannten Ergebnisse verdeutlichen die zentrale Rolle der Fachwissensstrukturierung im Hinblick auf die Verfügbarmachung des universitär erworbenen Fachwissens für die schulische Lehrtätigkeit. So ist es mit Blick auf die Überwindung der Fragmentierung sowie der wahrgenommenen Diskontinuität notwendig, das universitär erworbene Fachwissen im Sinne der Schulwissensstruktur vernetzend zu transformieren, um so die Subdisziplingrenzen zu überwinden und ein umfassendes professionsbezogenes Fachwissensnetz zu schaffen, welches das universitär erworbene Fachwissen vollständig umfasst und gleichzeitig ein direktes Ableiten der Schulwissensinhalte ermöglicht, also hinsichtlich beider Wissensbereiche anknüpfungsfähig ist. Ein derartiges Wissensnetz bringt so die tiefgehende Erklärungs- und Begründungsebene des universitären Fachwissens in direkten Bezug zu den zu lehrenden Schulwissensinhalten und schafft ein umfassendes Fachverständnis, welches den (angehenden) Lehrkräften unterrichtliche Flexibilität im Hinblick auf den Fachwissensumfang ermöglicht (Dreher et al., 2023). Diese lehrbezogene Transformationsform des universitär erworbenen Fachwissens wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit als Professionsrelevantes Fachwissen (PRFW) konzeptualisiert und stellt eine zentrale, theoriebezogene Ableitung für die Chemielehrkräftebildung insgesamt dar (Kapitel 4.3, S. 59 ff.).

#### **6.1.2.3 Re-Design Modulphase 1**

Aufbauend auf den Erkenntnissen zur Fachwissenstransformation wurde ein Re-Design von Modulphase 1 vorgenommen, im Rahmen dessen ein iteratives Concept-Mapping-Verfahren konzipiert und in die Modulphase integriert wurde (Kapitel 4.4, S. 62 ff.). Dieses kombiniert iteratives Concept Mapping mit steigendem Abstraktionsniveau mit Elementen des Peer- bzw. Gruppenaustauschs und der angeleiteten

Reflexion des eigenen Arbeits- und Lernprozesses in Prozessportfolios. Eine Analyse der Prozessportfolios hinsichtlich der Untersuchungsfrage „Inwiefern unterstützt die spezifische Methodik in Modulphase 1, bestehend aus iterativem Concept Mapping mit steigendem Abstraktionsniveau, kombiniert mit Elementen des Peer- und Gruppenaustauschs sowie der angeleiteten Metareflexion mittels Prozessportfolios, die angehenden Lehrkräfte bei der Transformation ihres universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit im Sinne der Ausbildung des PRFW?“ zeigte, dass das spezifische Vorgehen insgesamt einen deutlich wahrgenommenen positiven Effekt auf die Transformation des universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die Schulwissensstrukturen hat, wobei die einzelnen Methoden jeweils einen konkreten Beitrag dazu leisten (Kapitel 4.4, S. 62 ff.). Insgesamt kann aus den Ergebnissen darauf geschlossen werden, dass Modulphase 1 den zu Grunde liegenden Zielsetzungen (Zielsetzung 1 und 2) umfassend gerecht wird und die angehenden Lehrkräfte in der vernetzenden Transformation ihres universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die Schulwissensstrukturen (im Sinne der Ausbildung eines umfassenden pPCK) unterstützt.

#### **6.1.2.4 Re-Designbezogene Evaluation Modulphase 2**

Eine umfassende Analyse von Modulphase 2 konnte im zeitlichen Umfang des Promotionsprojektes nicht realisiert werden (Kapitel 4.6, S. 79 ff.), jedoch wurde bereits in der teilnehmenden Beobachtung sowie der ersten Durchsicht der Prozessportfolios deutlich, dass insbesondere ein Re-Design-Bedarf hinsichtlich der in Modulphase 2 eingesetzten Reflexionsprompts besteht (Kapitel 4.6.1, S. 80), um die Reflexion stärker auf die Anwendung des PRFW im Kontext der Microteachingplanung und -durchführung zu lenken (Zielsetzung 3) und so im Sinne des RCM den Übertrag vom pPCK zum ePCK zu fokussieren. Aus der Gesamtmodulevaluation ergeben sich darüber hinaus weitere Ansatzpunkte für ein Re-Design. So ist die Wahl der unbekanntten Forschungsthemen einer genauen Revision zu unterziehen, da insbesondere der starke Bezug des Forschungsthemas von Kath-Schorr et al. zur Biochemie, welche im Rahmen der universitären Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln nicht explizit thematisiert wird (Griesbeck & von der Gönna, 2018; Lindfors, 2021), die angehenden Lehrkräfte vor ungewollte Herausforderungen stellt (Kapitel 4.6.2, S. 80 f. und 5.1, S. 100 ff.). Darüber hinaus nehmen die angehenden Lehrkräfte einen Bruch zwischen Modulphase 1 und 2 wahr, den es in Bezug auf die Ursache weiter zu untersuchen gilt,

um ihn entweder auf das methodische Vorgehen oder Herausforderungen bei der Anwendung des erworbenen Vernetzungswissens auf neue Fachinhalte zurückführen zu können (Kapitel 5.1, S. 100 ff.).

### 6.1.3 Gesamtmodulevaluation

Zur abschließenden Evaluation des Gesamtmoduls wurde ein strukturierter Evaluationsbogen eingesetzt, der sowohl geschlossene Frageitems zur wahrgenommenen inhärenten Kohärenz des Lehr-/Lern-Moduls als auch offene Fragen zur Schilderung konkreter kohärenzbezogener Faktoren umfasst (Anhang I.IV, S. 140 ff.). Die Ergebnisse (Kapitel 5, S. 82 ff.) zeigen einen wahrgenommenen positiven Einfluss des konzipierten Lehr-/Lern-Moduls auf die Kohärenz innerhalb der fachbezogenen Professionswissensdomänen. So untermauern die Aussagen der angehenden Lehrkräfte (Kapitel 5.1, S. 100 ff.) die aus den Prozessportfolios abgeleiteten positiven Effekte des spezifischen Vorgehens in Modulphase 1 in Bezug auf die Fachwissenstransformation. Darüber hinaus wird auch der Fachwissenstransfer mittels der Microteachings positiv hervorgehoben, wobei es die in Kapitel 4.6 (S. 79 f.) herausgearbeiteten Verbesserungspotenziale weiterhin zu berücksichtigen gilt. Des Weiteren wird der Wunsch nach mehr Methodenvielfalt insbesondere in Modulphase 1 deutlich, der ebenso im Rahmen eines weiteren Re-Designs von Modulphase 1 berücksichtigt werden sollte.

## 6.2 Limitationen

Limitationen ergeben sich sowohl aus dem Untersuchungsdesign als auch aus der inhaltlichen Ausgestaltung des Lehr-/Lern-Moduls.

Alle in die Studie eingeflossenen Daten basieren auf den Selbsteinschätzungen bzw. -reflexionen der Proband:innen. Diese können Verzerrungen gegenüber der Realsituation unterliegen, die im gewählten Untersuchungsdesign nicht kontrollierbar sind. So kann es beispielsweise zu Über- oder Unterschätzungen der eigenen Kompetenzen kommen (Fraundorf et al., 2023). Dies betrifft insbesondere die Erfassung wahrgenommener Herausforderungen im Prozess der Wissenstransformation in Modulphase 1. So ist nicht sicherzustellen, dass alle vorherrschenden Herausforderungen durch die angehenden Lehrkräfte wahrgenommen und im Rahmen der Portfolios diskutiert wurden, da dies unter anderem von der Selbstreflexionskompetenz sowie der Bereitschaft abhängt, sich auf diese einzulassen – wenige genannte Herausforderungen zeigen somit nicht (zwangsläufig) eine hohe Vernetzungskompetenz (Beauchamp,

2015). Hierzu wäre eine vergleichende Auswertung der Lernprodukte (angefertigte Concept Maps sowie Microteaching-Planungen und -Durchführungen) notwendig, um die Realsituation möglichst objektiv zu erfassen und so eine tatsächliche Lernprogression ableiten zu können. Die Lernprodukte ständen als mögliches Erhebungsinstrument zur Verfügung, aus den in Kapitel 3.4.5 (S. 37 f.) genannten Gründen wurde sich jedoch bewusst dagegen entschieden, diese in die Datenauswertung einzubeziehen.

Darüber hinaus stellt das Lehr-/Lern-Modul (insbesondere das Microteaching in Modulphase 2) eine Laborsituation dar. Inwiefern sich wahrgenommene Effekte auch im realen schulischen Lehrkontext zeigen bzw. diesen positiv beeinflussen, kann auf Basis der gewonnenen Daten nicht beurteilt werden (He & Yan, 2011). Hierzu wäre beispielsweise eine follow-up Befragung ehemaliger Modulteilnehmer:innen notwendig. Ohne derartige Daten bleiben die postulierten positiven Effekte des Lehr-/Lern-Moduls auf den Professionalisierungsprozess der angehenden Lehrkräfte zwar theoretisch und empiriegestützt, aber dennoch hypothetisch.

Eine inhaltsbezogene Limitation stellt die Beschränkung der Fachwissenstransformation auf ausgewählte schulrelevante Themenfelder dar. Zwar ergeben sich aus dem spezifischen Vorgehen für die Themenfelder RedOx-, Säure-Base- und anteilig Organische Chemie bereits wahrgenommene positive Effekte; um die angehenden Lehrkräfte jedoch umfassend im Hinblick auf den Fachwissenstransfer zu unterstützen, wäre die Transformation weiterer schulwissensbezogener Themenfelder notwendig. Vor allem vor dem Hintergrund, dass die eigenständige Fortführung der Fachwissenstransformation die angehenden Lehrkräfte noch immer vor Herausforderungen stellt, wie in Kapitel 5.1 (S. 100 ff.) dargelegt wurde. Die Transformation weiterer Themenfelder ist im gewählten Zeitrahmen des Lehr-/Lern-Moduls nicht realisierbar, wäre jedoch mittels einer Ausweitung des Zeitrahmens umsetzbar.

### **6.3 Fazit und Implikationen für die universitäre (Chemie-)Lehrkräftebildung**

Mit Blick auf die übergeordnete Zielsetzung sowie die leitende Forschungsfrage des Promotionsprojektes (Kapitel 3.2, S. 28 f.) kann insgesamt geschlussfolgert werden, dass das konzipierte Lehr-/Lern-Modul bereits in der bestehenden Konzeption einen Beitrag zur Kohärenzsteigerung in der Chemielehrkräftebildung auf universitärer Ebene leistet und dabei fachspezifische Besonderheiten berücksichtigt. Im Unterschied zu etablierten Ansätzen werden dabei beide Kohärenzebenen (horizontal und

vertikal) gleichermaßen adressiert. Basierend auf den empirischen Ergebnissen dieser Arbeit ist somit anzunehmen, dass das spezifische Vorgehen einen bedeutenden Beitrag zur Professionalisierung der angehenden Chemielehrkräfte leisten kann, indem es das universitär erworbene Fachwissen mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit sukzessive transformiert. Hinsichtlich dieses Transformationsprozesses zeigt sich die Methode des Concept Mappings als besonders zielführend; die aus dem aktuellen Kenntnisstand abgeleiteten positiven Effekte treten auch in der Praxis zu Tage und werden durch die angehenden Lehrkräfte bewusst wahrgenommen (Kapitel 4.4, S. 62 ff.). So unterstützt das Anfertigen der Concept Maps mit steigendem Abstraktionsniveau die angehenden Lehrkräfte nicht nur bei der Inbezugsetzung der Fachinhalte, der Vernetzung dieser über die Subdisziplinengrenzen hinaus sowie dem Ableiten bzw. Erkennen grundlegender Konzepte, sondern auch in der bewussten Evaluation ihres eigenen Wissensstandes. Durch die Verbindung des Concept Mappings mit Elementen des Peer- und Gruppenaustauschs sowie einer angeleiteten Metareflexion in Prozessportfolios wird die bewusste Selbstevaluation zusätzlich gefördert. Auch diese Methoden zeigen die erwarteten positiven Auswirkungen. So nutzen die angehenden Lehrkräfte den Peer- und Gruppenaustausch zum Diskurs ihrer Concept Maps und damit ihres kognitiven Wissensnetzes, wodurch dieses evaluiert und weiterentwickelt wird. Dabei werden mögliche Fehler sowohl erkannt als auch korrigiert. Darüber hinaus unterstützt die angeleitete Metareflexion durch die Wahl geeigneter Prompts die angehenden Lehrkräfte bei der Fokussierung zentraler Aspekte des Transformationsprozesses, wodurch dieser einerseits transparent und bewusst wird und sie andererseits auch die Bedeutung desselben für ihre persönliche Professionalisierung erkennen.

Auch die Wahl der Methode des Microteachings zur Förderung des Theorie-Praxis-Transfers (vom pPCK zum ePCK) und damit der Verfügbarmachung des im Transformationsprozess ausgebildeten PRFW für den Prozess der Lehrplanung und -durchführung in Modulphase 2 ist nach ersten Erkenntnissen als zielführend zu erachten (Kapitel 4.6, S. 79 ff.). Insbesondere der Planungsprozess zeigt sich dabei als zentral, da im Rahmen dessen das PRFW als Verknüpfung des Begründungs- und Erklärungswissens mit den Lehrinhalten aktiv zur Anwendung kommen kann und sollte. Die Anwendung des PRFW ist zukünftig stärker zu fokussieren, insbesondere im Rahmen der angeleiteten Metareflexion.

Notwendige Adaptionen hinsichtlich Modulphase 2 konnten im Zeitumfang dieser Arbeit zwar nicht realisiert werden, die bisherigen Ergebnisse offenbaren aber bereits Ansatzpunkte für ein Re-Design der Modulphase (Kapitel 4.6, S. 79 ff.).

Darüber hinaus verdeutlichen die empirischen Befunde (Kapitel 4 und 5, S. 39 ff.) im Einklang mit dem vorherrschenden Kenntnisstand (Kapitel 2, S. 4 ff.) die hohe Bedeutung einer kohärenten Lehrkräftebildung für den Professionalisierungsprozess angehender Lehrkräfte. So zeigen die Herausforderungen der Studierenden im Prozess der Wissenstransformation (Kapitel 4.2.2, S. 56 ff.), dass die vorherrschenden, fragmentierten Strukturen der universitären Chemielehrkräftebildung (insbesondere innerhalb der Domäne Fachwissen) einen vernetzten Wissenserwerb und damit die berufsorientierte Professionalisierung der angehenden Chemielehrkräfte beeinträchtigen. Ebenso wird deutlich, dass die vernetzende Transformation des universitär erworbenen professionsbezogenen Wissens zum pPCK einer expliziten Anleitung bedarf und eine selbstinitiierte bzw. -verantwortete Vernetzung durch die angehenden Lehrkräfte nicht automatisch erfolgt, was sich mit den Ergebnissen von Kunina-Habenicht et al. (2013) sowie Hellmann (2019) deckt.

In diesem Zusammenhang erscheint die Schaffung einer programmkohärenten (Smeby & Heggen, 2014) Chemielehrkräftebildung durch eine umfassende Zusammenarbeit der beteiligten Akteure, die Herstellung einer Inhalts- und Zielkohärenz sowie eine starke Verzahnung der einzelnen Lehrveranstaltungen sowohl innerhalb als auch zwischen den verschiedenen Säulen als erstrebenswertes Ziel. Aufgrund des mit derartigen Umstrukturierungen verbundenen hohen organisatorischen und konzeptionellen Aufwands ist dieses Ziel jedoch primär als langfristige Perspektive im Rahmen der Weiterentwicklung der universitären (Chemie-)Lehrkräftebildung zu verstehen. Kurzfristig lassen sich auf Grundlage der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sowie bereits bestehender Ansätze (vgl. Kapitel 2.6, S. 19 ff.) gezielte Maßnahmen zur Steigerung der konzeptuellen Kohärenz realisieren. Insbesondere erscheint die Integration einzelner kohärenzfördernder Module in die bestehenden Studienstrukturen als ein praktikabler und sinnvoller Ansatz, um angehende Lehrkräfte bei der Zusammenführung der erworbenen professionsbezogenen Wissensinhalte zu einer umfassenden und mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit anknüpfungsfähigen Professionswissensbasis – im Sinne des pPCK im RCM – zu unterstützen. Nur so kann die universitäre Lehrkräftebildung ihrer zentralen Rolle im Professionalisierungsprozess angehender Lehrkräfte gerecht werden. Im Hinblick auf die fachbezogenen Professionswissensdomänen,

insbesondere die Domäne Fachwissen, bietet das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Modulkonzept einen aus Sicht der angehenden Lehrkräfte effektiven und anschlussfähigen Ansatz.

Die aus dieser Arbeit hervorgegangene Konzeptualisierung des *Professionsrelevanten Fachwissens* (PRFW) (Kapitel 4.3, S. 59 ff.) sollte darüber hinaus als Leitgedanke für die fachinhaltliche Lehre in der Chemielehrkräftebildung dienen. So ist es mit Blick auf einen für die schulische Lehrtätigkeit anschlussfähigen Fachwissenserwerb notwendig, Subdisziplingrenzen zu überwinden und Fachinhalte zueinander in Bezug zu setzen, um so eine umfassend vernetzte Fachwissensbasis (PRFW) zu schaffen, die hinsichtlich des zu lehrenden Schulwissens anknüpfungsfähig ist und dieses zu dem tiefergehenden Erklärungs- und Begründungswissen in Bezug setzt, um den (angehenden) Chemielehrkräften durch ein umfassendes Fachverständnis unterrichtliche Flexibilität zu ermöglichen (Dreher et al., 2023). Dazu würde es keiner eigenständigen Lehr-/Lern-Module bedürfen, wenn die Fachwissensinhalte bereits in den grundständigen Lehrveranstaltungen zueinander und zur schulischen Lehrperspektive in Bezug gesetzt und auf verbindende Grundkonzepte zurückgeführt – also im Sinne des PRFW gelehrt – werden würden.

Insgesamt liefert die vorliegende Arbeit sowohl theoriebezogene Erkenntnisse zur kohärenten Gestaltung der universitären (Chemie-)Lehrkräftebildung und zum Professionalisierungsprozess (angehender) Chemielehrkräfte als auch praxisbezogene Implikationen für die curriculare Weiterentwicklung von Chemielehramtsstudiengängen sowie für die Ausgestaltung konkreter kohärenzfördernder Lehr-/Lern-Module. Durch die theoriegeleitete sowie empirisch gestützte Konzeption und Evaluation eines kohärenzsteigernden Lehr-/Lern-Moduls für die Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln wird exemplarisch aufgezeigt, wie die universitäre Fachinhaltsvermittlung stärker mit der schulischen Lehrperspektive in Einklang gebracht werden und damit die Professionsorientierung in der Domäne Fachwissen gesteigert werden kann.

Zukünftige Forschung sollte sich darauf konzentrieren, die Wirksamkeit derartiger kohärenzfördernder Lehr-/Lern-Module über einen längeren Zeitraum hinweg zu evaluieren, sowie Gelingensbedingungen für eine dauerhafte curriculare Verankerung zu identifizieren. Die im Rahmen dieser Arbeit als zentrales Erhebungsinstrument verwendeten Prozessportfolios stellen dabei eine zielführende Methode zur Erfassung der Wahrnehmung von Herausforderungen, Effekten sowie der Kohärenz insgesamt dar, die in zukünftiger Forschung beibehalten werden sollte – insbesondere, da es von

zentraler Bedeutung ist, dass kohärenzfördernde Maßnahmen auch als solche von den angehenden Lehrkräften wahrgenommen werden (vgl. Kapitel 2.3, S. 13 ff.). Auch der eingesetzte *Fragebogen zur Erfassung der studentischen Kohärenzwahrnehmung im Lehramtsstudium* von Henning-Kahmann und Hellmann (2019) erwies sich als zielführendes Erhebungsinstrument zur Erfassung der Gesamtkohärenz des Chemielehramtsstudiums, wobei insbesondere auch die ergänzten offenen Frageitems (vgl. Anhang I.I, S. 132 ff.) einen tieferen Einblick in die Bedingungsfaktoren bieten, die mit Blick auf eine bedarfsgerechte Konzeption bzw. zukünftige Adaption des Lehr-/Lern-Moduls von zentraler Bedeutung sind. Zur objektiven Messung des Transformationsprozesses vom universitär erworbenen Fachwissen hin zum PRFW wäre eine Auswertung der Concept Maps als sinnvoll zu erachten. Dies würde einen vorherigen Übungsprozess voraussetzen, um sicherzustellen, dass eine zunehmende Güte der Concept Maps auf eine zunehmende Wissensvernetzung und nicht auf eine zunehmende Methodenkompetenz zurückzuführen ist. Hinsichtlich der Evaluation von Modulphase 2 sind die Prozessportfolios nach einer Anpassung der verwendeten Prompts zur stärkeren Fokussierung der Reflexion auf die Anwendung des PRFW im Planungsprozess der Microteachings ebenfalls als zielführendes Erhebungsinstrument der Wahrnehmung der angehenden Lehrkräfte einzuschätzen. Dies sollte zukünftig erprobt werden. Da zu erwarten ist, dass das PRFW insbesondere im Lehrplanungsprozess eine zentrale Rolle spielt und in der aktiven Lehrtätigkeit eher als Hintergrundwissen fungiert, ist fraglich, ob die Videographie der Microteaching-Einheiten im Hinblick auf den aktiven Umgang mit dem PRFW eine tiefere Erkenntnis liefern kann (vgl. Kapitel 3.4.3, S. 35 f.). Diesbezüglich gilt es abzuwägen, ob eine stärker reflexionsbezogene Methodik – bspw. leitfragengestützte Interviews im Anschluss an die Microteachings – nicht einen größeren Mehrwert böten, da diese eine umfassende Metareflexion ermöglichen und so eine zielführende Ergänzung zu den Prozessportfolios darstellen könnten. Leitfragengestützte Interviews könnten ebenso als sinnvolle Ergänzung zu den verwendeten Abschlussevaluationsbögen eingesetzt werden, um einen tiefergehenden Einblick in die Gelingensfaktoren zu erhalten.

Neben der modulbezogenen Weiterführung der Forschung gilt es zu prüfen, inwiefern die Konzeptualisierung des Professionsrelevanten Fachwissens (PRFW) auch auf andere Fachbereiche übertragbar ist und als strukturierender Rahmen für die fachinhaltliche Lehre dienen kann.

Abschließend ist festzuhalten, dass eine kohärente und professionsorientierte Gestaltung der (universitären) Lehrkräftebildung maßgeblich zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte beiträgt und damit im Fokus curricularer Anpassungen der entsprechenden Studiengänge stehen sollte. Zugleich sollte die Tiefe des universitär gelehrten Wissens erhalten bleiben, da gerade dem tiefgreifenden, wissenschaftlich fundierten, universitär erworbenen Wissen eine Schlüsselrolle als Begründungs-, Erklärungs- und Legitimationswissen im Lehrerprofessionswissen zukommt. Es ermöglicht den (angehenden) Lehrkräften ein umfassendes Verständnis der Fachdisziplin, insbesondere der Wissensstrukturen und -zusammenhänge, und trägt damit zu einem hohen Maß an unterrichtlicher Flexibilität bei (Dreher et al., 2023). Somit ergibt sich auch ein positiver Einfluss auf den Lernerfolg der Schüler:innen, da die Lehrkraft mögliche Herausforderungen besser antizipieren, elementarisieren und flexibel (bedarfs- und adressatengerecht) auf diese reagieren kann (Kunter et al., 2011).

## 7 Literaturverzeichnis

- Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M. & Rehm, M. (2020). NOS-Modellierungen – Ein theoretischer Konflikt mit fehlender empirischer Basis. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.25321/prise.2020.994> (35-45 Pages / Progress in Science Education (PriSE), Vol. 3 No. 1 (2020)).
- Bauer, J., Gräsel, C., Hartinger, A., Körber, A., Korneck, F., Lazarides, R., Prenzel, M., Richter, D. & Sommerhoff, D. (2023). *Alternative Qualifikationswege für Lehrkräfte ohne traditionelles Lehramtsstudium in Zeiten des Lehrkräftemangels: Stellungnahme der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung (GEBF)*.
- Bauer, J. & Prenzel, M. (2012). Science education. European teacher training reforms. *Science (New York, N.Y.)*, 336(6089), 1642–1643. <https://doi.org/10.1126/science.1218387>
- Bauer, T. & Partheil, U. (2009). Schnittstellenmodule in der Lehramtsausbildung im Fach Mathematik. *Mathematische Semesterberichte*, 56(1), 85–103. <https://doi.org/10.1007/s00591-008-0048-0>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011a). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert & W. Blum (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (1. Edition, S. 29–53). Waxmann Verlag GmbH.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011b). Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In M. Kunter, J. Baumert & W. Blum (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (1. Edition, S. 163–192). Waxmann Verlag GmbH.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2013). The COACTIV Model of Teachers' Professional Competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (S. 25–48). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_2)

- Beauchamp, C. (2015). Reflection in teacher education: issues emerging from a review of current literature. *Reflective Practice*, 16(1), 123–141. <https://doi.org/10.1080/14623943.2014.982525>
- Birkenstock, M. (2025). *Zur Vernetzung chemischer Fachinhalte im Lehramtsstudium*. Kasseler OnlineBibliothek, Repository und Archiv. <https://doi.org/10.17170/kobra-2024121810778>
- Birkenstock, M. & Di Fuccia, D.-S. (2023). Using Concept Maps to Support Prospective Chemistry Teachers in Interconnecting Chemical Contents. *American Journal of Educational Research*, 11(6), 364–371. <https://doi.org/10.12691/education-11-6-4>
- Blömeke, S., Jentsch, A., Ross, N., Kaiser, G. & König, J. (2022). Opening up the black box: Teacher competence, instructional quality, and students' learning progress. *Learning and Instruction*, 79, 101600. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101600>
- Blömeke, S., Suhl, U., Kaiser, G. & Döhrmann, M. (2012). Family background, entry selectivity and opportunities to learn: What matters in primary teacher education? An international comparison of fifteen countries. *Teaching and Teacher Education*, 28(1), 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.08.006>
- Blunk, D [Dirk], Bierganns, P., Bongartz, N., Tessendorf, R. & Stubenrauch, C. (2006). New speciality surfactants with natural structural motifs. *New Journal of Chemistry*, 30(12), 1705. <https://doi.org/10.1039/B610045G>
- Bransford, J. & Darling-Hammond, L. (2012). *Preparing Teachers for a Changing World: What Teachers Should Learn and Be Able to Do*. Wiley.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte*. Huber.
- Bromme, R. (1994). Beyond subject matter: A psychological topology of teachers' professional knowledge. In R. Biehler, R. W. Scholz, R. Strässer & B. Winkelmann (Hrsg.), *Mathematics Education Library. Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline* (S. 73–88). Kluwer Academic Publishers.
- Bromme, R. (2014). *Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie des professionellen Wissens. Standardwerke aus Psychologie und Pädagogik, Reprints: Bd. 7*. Waxmann.
- Brückmann, M. & Duit, R. (2013). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der*

- naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 189–201). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_16)
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U [Uta], Tsai, Y.-M. & Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 521–544. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0166-1>
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Voss, T., Jordan, A., Loeven, K. & Tsai, Y.-M. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule: Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 54–82). Waxmann.
- Canrinus, E. T., Klette, K. & Hammerness, K. (2019). Diversity in Coherence: Strengths and Opportunities of Three Programs. *Journal of Teacher Education*, 70(3), 192–205. <https://doi.org/10.1177/0022487117737305>
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A [Andreas], Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R [Rebecca], Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A [Anne], Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., . . . Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 77–94). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2)
- Charalambous, C. Y. & Praetorius, A.-K. (2020). Creating a forum for researching teaching and its quality more synergistically. *Studies in Educational Evaluation*, 67, 100894. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100894>
- Darling-Hammond, L. (2006). Constructing 21st-Century Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, 57(3), 300–314. <https://doi.org/10.1177/0022487105285962>
- Depmeier, H., Hoffmann, E., Bornewasser, L. & Kath-Schorr, S [Stephanie] (2021). Strategies for Covalent Labeling of Long RNAs. *Chembiochem : a European*

- journal of chemical biology*, 22(19), 2826–2847.  
<https://doi.org/10.1002/cbic.202100161>
- The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.  
<https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 127*. Logos Berlin.
- Dreher, A., Hoth, J., Lindmeier, A. & Heinze, A. (2023). Der Bezug zwischen Schulmathematik und akademischer Mathematik: schulbezogenes Fachwissen als berufsspezifische Wissenskomponente von Lehrkräften. In S. Krauss & A. Lindl (Hrsg.), *Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I + II. Professionswissen von Mathematiklehrkräften* (S. 145–188). Springer Berlin Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-64381-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-64381-5_5)
- Dreher, A., Lindmeier, A. & Heinze, A. (2016). Conceptualizing professional content knowledge of secondary teachers taking into account the gap between academic and school mathematics. In C. Csikos, A. Rausch & J. Szitányi (Hrsg.), *Proceedings of the 40th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (S. 219–226). PME.
- Dreher, A., Lindmeier, A., Heinze, A. & Niemand, C. (2018). What Kind of Content Knowledge do Secondary Mathematics Teachers Need? *Journal für Mathematik-Didaktik*, 39(2), 319–341. <https://doi.org/10.1007/s13138-018-0127-2>
- Eggert, F. & Kath-Schorr, S [S.] (2016). A cyclopropene-modified nucleotide for site-specific RNA labeling using genetic alphabet expansion transcription. *Chemical communications (Cambridge, England)*, 52(45), 7284–7287.  
<https://doi.org/10.1039/c6cc02321e>
- Enkrott, P. (2021). *Entwicklung des fachlichen Wissens angehender Physiklehrkräfte* [, Universität Potsdam]. DataCite.
- Fitzgerald, A., Hackling, M. & Dawson, V. (2013). Through the Viewfinder: Reflecting on the Collection and Analysis of Classroom Video Data. *International Journal of Qualitative Methods*, 12(1), 52–64.  
<https://doi.org/10.1177/160940691301200127>
- Fraundorf, S. H., Caddick, Z. A., Nokes-Malach, T. J. & Rottman, B. M. (2023). Cognitive perspectives on maintaining physicians' medical expertise: III. Strengths

- and weaknesses of self-assessment. *Cognitive research: principles and implications*, 8(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s41235-023-00511-z>
- Glowinski, I [I.], Unverricht, K [K.] & Borowski, A [Andreas]. (2018). Erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext als konzeptuelle Grundlage von berufsspezifischen Anteilen des fachwissenschaftlichen Studiums sowie von Fachdidaktik und Fachwissenschaft vernetzenden Lehrveranstaltungen. In I. Glowinski, J. Gillen, A. Borowski, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung: Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 103–124). Universitätsverlag Potsdam.
- Graf, D. (2013). Concept Mapping als Diagnosewerkzeug. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 325–337). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_26)
- Griesbeck, A. G. & von der Gönna, V. (2018). *Modulhandbuch: Bachelor of Arts Unterrichtsfach Chemie* [Studienprofil Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen & Studienprofil Lehramt an Berufskollegs]. Universität zu Köln. [https://zfl.uni-koeln.de/sites/zfl/ZfL-Navi/Modulhandbuecher/MNF/Bachelor/MHB\\_2018\\_BA\\_Chemie\\_LA\\_GyGe-BK.pdf](https://zfl.uni-koeln.de/sites/zfl/ZfL-Navi/Modulhandbuecher/MNF/Bachelor/MHB_2018_BA_Chemie_LA_GyGe-BK.pdf)
- Groß, K. & Prewitz, N. (2024). *Modulhandbuch: Bachelor of Arts Unterrichtsfach Chemie* [Studienprofil Lehramt an Haupt-, Real-, Sekundar- und Gesamtschulen]. Universität zu Köln. <https://zfl.uni-koeln.de/sites/zfl/ZfL-Navi/Modulhandbuecher/MNF/Bachelor/MHB-2024-BA-Chemie-HRSGe.pdf>
- Groß, K. & Schumacher, A. (2018). ELKE - Systematische Vernetzung eines außerschulischen Lernortes mit dem Chemieunterricht. *MNU Journal*, 71(6), 414–419.
- Hammerness, K. (2006). From Coherence in Theory to Coherence in Practice. *Teachers College Record*, 108, 1241–1265. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00692.x>
- He, C. & Yan, C. (2011). Exploring authenticity of microteaching in pre-service teacher education programmes. *Teaching Education*, 22(3), 291–302. <https://doi.org/10.1080/10476210.2011.590588>
- Heering, P. & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*

- (S. 105–119). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_7)
- Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A. & Niemand, C. (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen – ein differenzierteres Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 19(2), 329–349. <https://doi.org/10.1007/s11618-016-0674-6>
- Hellmann, K. (2019). Kohärenz in der Lehrerbildung – Theoretische Konzeptionalisierung. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (S. 9–30). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_2)
- Hellmann, K., Kreutz, J., Schwichow, M. & Zaki, K. (Hrsg.). (2019). *Kohärenz in der Lehrerbildung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4>
- Helmke, A. (2022). *Unterrichtsqualität und Professionalisierung: Diagnostik von Lehr-Lern-Prozessen und evidenzbasierte Unterrichtsentwicklung* (1. Auflage). *Schule weiterentwickeln - Unterricht verbessern Orientierungsband*. Klett Kallmeyer. <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.5555/9783772716850>
- Henning-Kahmann, J. & Hellmann, K. (2019). Entwicklung eines Fragebogens zur Erfassung der studentischen Kohärenzwahrnehmung im Lehramtsstudium. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (S. 33–50). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_3)
- Hermanns, J. (2019). School meanings related content knowledge for german university teacher – conception and evaluation of tasks in the seminar “Organic Experimentalchemistry I”. *CHEMKON*, 26(1), 31–35. <https://doi.org/10.1002/ckon.201800024>
- Hermanns, J. (2021). Perceived relevance of tasks in organic chemistry by preservice chemistry teachers. *Chemistry Teacher International*, 3(1), 31–44. <https://doi.org/10.1515/cti-2020-0002>
- Hermanns, J. & Ermler, N. (2021). Why school-related content knowledge for pre-service chemistry teachers should include basic concepts in organic chemistry. *Chemistry Teacher International*, 3(3), 303–311. <https://doi.org/10.1515/cti-2020-0033>

- Hermanns, J. & Keller, D. (2019). School-related content knowledge in organic chemistry - the influence of different school curricula on the development of tasks. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.25321/prise.v2i1.888> (Progress in Science Education (PriSE), Vol 2, No 1 (2019)).
- Hermanns, J. & Keller, D. (2021). School-Related Content Knowledge in Organic Chemistry—How Does the Students' Rating of Their Perceived Relevance of Tasks Differ between Bachelor and Master Studies? *Journal of Chemical Education*, 98(3), 763–773. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01415>
- Hetzer, R., Kümmerlen, F., Wirz, K. & Blunk, D [D.] (2014). Fire Testing a New Fluorine-free AFFF Based on a Novel Class of Environmentally Sound High Performance Siloxane Surfactants. *Fire Safety Science*, 11, 1261–1270. <https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.11-1261>
- Joos, T. A., Liefländer, A. & Spörhase, U. (2019). Studentische Sicht auf Kohärenz im Lehramtsstudium. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (S. 51–67). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_4)
- Kennedy-Clark, S. (2015). Reflection: Research by design: Design-based research and the higher degree research student. *Journal of Learning Design*, 8(3). <https://doi.org/10.5204/jld.v8i3.257>
- Kirschner, S., Sczudlek, M., Tepner, O., Borowski, A [Andreas], Fischer, H. E., Lenske, G., Leutner, D., Neuhaus, B. J., Sumfleth, E., Thillmann, H. & Wirth, J. (2017). Professionswissen in den Naturwissenschaften (ProwiN). In C. Gräsel & K. Trempler (Hrsg.), *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals* (S. 113–130). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-07274-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-658-07274-2_7)
- Klein, F. (1910). Elementarmathematik von höheren Standpunkt aus. *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 21(1), A18-A19. <https://doi.org/10.1007/BF01693262>
- Klein, F. (2016). *Elementary Mathematics from a Higher Standpoint*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49442-4>
- Klinzing, H. G. (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 48. <https://doi.org/10.25656/01:3829> (Zeitschrift für Pädagogik 48 (2002) 2, S. 194-214).

- Kolbeck, E. J. (2019). *Schulung von Vermittlungsfähigkeiten Promovierender im Fach Chemie: Die Weiterbildung "How to communicate chemistry?"*. Dissertation. *Lernen in Naturwissenschaften: Band 5* [495 Seiten]. Logos.
- Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., Fricke, M., Göhring, A., Hofmann, B., Kirchhoff, P., Mulder, R. H. & Baumert, J. (Hrsg.). (2017). *FALKO: Fachspezifische Lehrerkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik : mit neuen Daten aus der COACTIV-Studie*. Waxmann.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29(3-4), 233–258. <https://doi.org/10.1007/BF03339063>
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.). (2013). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Berlin Heidelberg. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1593312> <https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0>
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
- Kultusministerkonferenz (Hrsg.). (2000). *Bremer Erklärung: "Aufgaben von Lehrerinnen und Lehrern heute - Fachleute für das Lernen"*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2000/2000\\_10\\_05-Bremer-Erkl-Lehrerbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2000/2000_10_05-Bremer-Erkl-Lehrerbildung.pdf)
- Kultusministerkonferenz. (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*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf)
- Kultusministerkonferenz. (2022). *Lehrkräfteeinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland 2021 – 2035: Zusammengefasste Modellrechnungen der Länder*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok\\_233\\_Bericht\\_LEB\\_LEA\\_2021.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok_233_Bericht_LEB_LEA_2021.pdf)

- Kultusministerkonferenz & Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. Carl Link. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2020/2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Chemie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf)
- Kunina-Habenicht, O., Schulze-Stocker, F., Kunter, M., Baumert, J., Leutner, D., Förster, D., Lohse-Bossenz, H. & Terhart, E. (2013). The significance of learning opportunities in teacher training courses and their individual use for the development of bildungswissenschaftlichen Wissens. *Zeitschrift für Pädagogik*, 59(1), 1–23. <https://doi.org/10.25656/01:11924>
- Kunter, M., Baumert, J. & Blum, W. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (1. Edition). Waxmann Verlag GmbH.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U [Ute], Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.). (2013). *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5>
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U [Uta] & Richter, D. (2013). The Development of Teachers' Professional Competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (S. 63–77). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_4)
- Kunter, M., Klusmann, U [Uta], Baumert, J., Richter, D., Voss, T. & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805–820. <https://doi.org/10.1037/a0032583>
- Lindfors, K. (2021). *Modulhandbuch: Master of Education Unterrichtsfach Chemie* [Studienprofil Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen]. Universität zu Köln. [https://zfl.uni-koeln.de/sites/zfl/ZfL-Navi/Modulhandbuecher/MNF/Master/MHB-M\\_Chemie\\_GyGe.pdf](https://zfl.uni-koeln.de/sites/zfl/ZfL-Navi/Modulhandbuecher/MNF/Master/MHB-M_Chemie_GyGe.pdf)
- Lorentzen, J. (2020). *Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens*. Logos Verlag.

- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Auflage). Beltz. [https://www.content-select.com/index.php?id=bib\\_view&ean=9783407258991](https://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407258991)
- Mehlmann, N. & Bikner-Ahsbahs, A. (2018). Spotlights Lehre - Ein Ansatz zur Vernetzung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik an der Universität Bremen. In Ingrid Glowinski, Andreas Borowski, Julia Gillen, Sascha Schanze & Joachim von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung: Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 77–102). Universitätsverlag Potsdam.
- Ministerium für Schule und Bildung NRW. (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen: Chemie* (1. Edition). *Schule in NRW: Bd. 3415*. Ritterbach.
- Ministerium für Schule und Bildung NRW. (2022). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie* (1. Edition). *Schule in NRW: Bd. 4723*. Ritterbach.
- Mukuka, A. & Alex, J. K. (2024). Review of research on microteaching in mathematics teacher education: Promises and challenges. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(1), em2381. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13941>
- Mutke, S. (2017). *Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen: Eine Längsschnittstudie : Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaft - Dr. rer. nat. - vorgelegt an der Fakultät für Chemie an der Universität Duisburg-Essen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 222*. Logos.
- Nehring, A. & Schanze, S. (2025). Turning the Plurality of Chemistry into a Resource for Learning: A Core Competency of Chemistry Teachers. *Science & Education*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1007/s11191-025-00624-5>
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (2012). Concept mapping for meaningful learning. In J. D. Novak, D. B. Gowin & J. B. Kahle (Hrsg.), *Learning How to Learn* (S. 15–54). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139173469.004>
- Pawlak, F. (2022). *Das Gemeinsame Experimentieren (an-)leiten*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 338*. Logos Verlag.

- Plomp, T. (2013). Educational Design Research: An Introduction. In Netherlands Institute for Curriculum Development (Hrsg.), *Educational Design Research: Part A: An introduction* (2. Aufl., S. 10–51). SLO.
- Prediger, S. (2013). Unterrichtsmomente als explizite Lernanlässe in fachinhaltlichen Veranstaltungen: Ein Ansatz zur Stärkung der mathematischen Fundierung unterrichtlichen Handelns. In C. Ableitinger, J. Kramer & S. Prediger (Hrsg.), *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung* (S. 151–158). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-8620-4556\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-8620-4556_9)
- Reiners, C. (2022). *Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen* (2. erweiterte Auflage). *Lehrbuch*. Springer Spektrum. <http://www.springer.com/>
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33. <https://doi.org/10.25656/01:5787> (*Unterrichtswissenschaft* 33 (2005) 1, S. 52–69).
- Reinmann, G. (2017). Design-based Research. In D. Schemme & H. Novak (Hrsg.), *Berichte zur beruflichen Bildung. Gestaltungsorientierte Forschung - Basis für soziale Innovationen: Erprobte Ansätze im Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis* (S. 49–61). Bertelsmann.
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47(2), 78–92.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Logos Verlag Berlin.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 111–143. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0259-y>
- Risch, B. & Pfeifer, P. (2018). Didaktische Reduktion - Elementarisierung. In K. A. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (1. Auflage, vollständige Neubearbeitung, S. 45–69). Friedrich Aulis.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*,

- 33(6), 569–600. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199608\)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M)
- Schiek, D. (2024). *Methoden der qualitativen Sozialforschung*. utb GmbH. <https://doi.org/10.36198/9783838562346>
- Schiering, D., Sorge, S. & Neumann, K. (2021). Hilft viel viel? Der Einfluss von Studienstrukturen auf das Professionswissen angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(3), 545–570. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01003-w>
- Schödl, A. (2017). *FALKO-Physik -- Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften*. Logos Verlag Berlin.
- Schütze, B., Souvignier, E. & Hasselhorn, M. (2018). Stichwort – Formatives Assessment. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21(4), 697–715. <https://doi.org/10.1007/s11618-018-0838-7>
- Schween, M., Trabert, A. & Schmitt, C. (2019). ProfiWerk und PraxisLab Chemie – Hochschuldidaktische Innovationen zur kohärenten Professionalisierung angehender Gymnasiallehrkräfte im Rahmen des Projekts ProPraxis. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (S. 183–197). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_12)
- Schwinghammer, Y. (2018). Teilnehmende Beobachtung: Am Beispiel der Textverstehenshebung der Projektes "Arbeitskoffer zu den Steirischen Literaturpfaden des Mittelalters". In J. Boelmann (Hrsg.), *Empirische Forschung in der Deutschdidaktik / herausgegeben von Jan M. Boelmann: Band 2. Erhebungs- und Auswertungsverfahren* (S. 165–171). Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>

- Smeby, J.-C. & Heggen, K. (2014). Coherence and the development of professional knowledge and skills. *Journal of Education and Work*, 27(1), 71–91. <https://doi.org/10.1080/13639080.2012.718749>
- Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz. (2022). *Basale Kompetenzen vermitteln – Bildungschancen sichern. Perspektiven für die Grundschule. Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK)*. SWK : Bonn. <https://doi.org/10.25656/01:25542>
- Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz. (2023). *Lehrkräftegewinnung und Lehrkräftebildung für einen hochwertigen Unterricht.: Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz*. SWK. <https://doi.org/10.25656/01:28059>
- Stigmar, M. (2016). Peer-to-peer Teaching in Higher Education: A Critical Literature Review. *Mentoring & Tutoring: Partnership in Learning*, 24(2), 124–136. <https://doi.org/10.1080/13611267.2016.1178963>
- Tiemann, R. & Körbs, C. (2013). Die Fragebogenmethode, ein Klassiker der empirischen didaktischen Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 283–295). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_23)
- van Loon, M. H. (2019). Self-Assessment and Self-Reflection to Measure and Improve Self-Regulated Learning in the Workplace. In S. McGrath, M. Mulder, J. Papier & R. Suart (Hrsg.), *Handbook of Vocational Education and Training* (S. 1–20). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-49789-1\\_88-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-49789-1_88-1)
- Voss, T. & Kunter, M. (2011). Pädagogisch-psychologisches Wissen von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert & W. Blum (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (1. Edition, S. 193–214). Waxmann Verlag GmbH.
- Woehlecke, S., Massolt, J., Goral, J., Hassan-Yavu, S., Seider, J., Borowski, A [Andreas], Fenn, M., Kortenamp, U. & Glowinski, I [Ingrid] (2017). Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 35(3), 413–426. <https://doi.org/10.25656/01:16991>

- Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289–313.
- Wu, H.-H. (2011). The Mis-Education of Mathematics Teachers. *Notices of the American Mathematical Society*, 58(3), 372–384.

# Anhang

## I. Erhebungsinstrumente

### I.I Fragebogen zur Erfassung der studentischen Kohärenzwahrnehmung im Lehramtsstudium

#### FRAGEBOGEN ZUR KOHÄRENZ IM LEHRAMTSSTUDIUM

Liebe Studierende,

hiermit möchten wir Sie bitten, uns Ihren **persönlichen Eindruck** von Ihrem bisherigen Lehramtsstudium rückzumelden.

Ihre Teilnahme erfolgt **freiwillig** und es ergeben sich keine negativen Konsequenzen für Sie, weder bei Teilnahme noch bei Nicht-Teilnahme. Ihre gesamten Angaben werden vertraulich behandelt und ausschließlich **anonymisiert** ausgewertet, sodass keine Rückschlüsse auf Ihre Person möglich sind. Eine Weitergabe der Daten an Dritte findet **NICHT** statt.

**Hinweise zum Ausfüllen des Fragebogens:**

1. Ihre Auswahl bringen Sie durch eine deutliche Markierung (Kreuz) zum Ausdruck:  →
2. Möchten Sie eine Markierung zurücknehmen, dann kreisen Sie diese ein:  →

| I. Demographische Angaben  |   |  |
|--|---|--|
| Alter: _____ Jahre   |   |  |
| Geschlecht: <input type="radio"/> weiblich <input type="radio"/> männlich <input type="radio"/> anderes, und zwar: _____   |   |  |
| Anonymer Code  |   |  |
| Um Veränderungen in Ihrem Studium feststellen zu können, planen wir unsere Befragung zu wiederholen. Es wäre daher möglich, dass wir Sie um eine nochmalige Teilnahme bitten. Damit wir in einem solchen Fall Ihre jetzigen und späteren Antworten vergleichen können, benötigen wir einen <b>anonymen Code</b> , den <b>nur</b> Sie kennen und den sie jederzeit wieder erstellen können. |   |  |
| Um Ihren Code zu erstellen, tragen Sie bitte den jeweiligen Buchstaben als Großbuchstabe bzw. die jeweilige Zahl in die 4 grauen Felder ein (siehe Bsp. unten!). <b>Hinweis:</b> Umlaute (Ä, Ö, Ü) gelten als <u>ein</u> Buchstabe (z. B. M <u>ü</u> nchen, D <u>ü</u> sseldorf)!      ↓   |   |  |
| <b>Beispiel:</b><br>Der (erste) Vorname Ihrer Mutter ist <u>G</u> ise <u>L</u> a und deren Geburtsmonat ist <u>M</u> ärz.<br>Ihr eigener Geburtsort ist <u>F</u> reiburg im Breisgau.<br>Beispiel-Code lautet: <i>GLMR</i>   | Anfangsbuchstabe des (ersten) Vornamens Ihrer Mutter:             |  |
|  | <u>V</u> orletzter Buchstabe des (ersten) Vornamens Ihrer Mutter: |  |
|  | Anfangsbuchstabe des Geburtsmonats Ihrer Mutter:                  |  |
|  | Zweiter Buchstabe Ihres eigenen Geburtsortes:                     |  |
| II. Studienbezogene Angaben  |   |  |
| a) Wann haben Sie Ihr derzeitiges Studium in Köln (Bachelor) begonnen?      WiSe _____   |   |  |
| b) Ich befinde mich aktuell im ... <input type="radio"/> Bachelorstudium <input type="radio"/> Masterstudium <input type="radio"/> anderes, und zwar: _____  |   |  |
| c) Ich studiere folgenden <b>Lehramtsstudiengang</b> : <input type="radio"/> HRGe <input type="radio"/> GymGe <input type="radio"/> Anderer, und zwar: _____   |   |  |
| d) Welches <b>Fach</b> ( <u>außer</u> Bildungswissenschaften) studieren Sie neben Chemie noch und in welchem <b>Semester</b> ?<br>Fach: _____ im ____ . Semester   |   |  |

| III. Persönlicher Eindruck Ihres bisherigen Lehramtsstudiums   |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
|--|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Im Folgenden geht es um <b>Verknüpfungen</b> und <b>Abstimmungen</b> der verschiedenen Inhalte und Strukturen Ihres Studiums untereinander.  |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| <b>Wichtig:</b>  |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| 1) Bitte beurteilen Sie Aussagen zur <b>Fachwissenschaft</b> und <b>Fachdidaktik</b> immer nur in Bezug auf das <b>Fach Chemie</b> .   |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| Wie sehr stimmen Sie den nun folgenden Aussagen in Bezug auf Ihr <b>bisheriges Lehramtsstudium</b> nicht zu bzw. zu?   |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
|  | stimme<br>nicht zu    | stimme<br>eher<br>nicht zu | teils-<br>teils       | stimme<br>eher zu     | stimme<br>zu          | nicht<br>beur-<br>teilbar |
| <b>a) Inhaltliche Verknüpfungen <u>innerhalb</u> der Bereiche <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften</i></b>  |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| 1. Es gab inhaltliche Verknüpfungen zwischen Ideen und Konzepten der Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> .   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 2. Es gab inhaltliche Verknüpfungen zwischen Ideen und Konzepten der Lehrveranstaltungen der <i>Fachdidaktik</i> .   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 3. Es gab inhaltliche Verknüpfungen zwischen Ideen und Konzepten der Lehrveranstaltungen der <i>Bildungswissenschaften</i> .   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| <b>b) Explizite Verweise der Lehrenden <u>innerhalb</u> der Bereiche <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften</i></b>   |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
|  | stimme<br>nicht zu    | stimme<br>eher<br>nicht zu | teils-<br>teils       | stimme<br>eher zu     | stimme<br>zu          | nicht<br>beur-<br>teilbar |
| 4. In den Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf andere fachwissenschaftliche Lehrveranstaltungen gemacht.                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 5. In den Lehrveranstaltungen der <i>Fachdidaktik</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf andere <i>fachdidaktische</i> Lehrveranstaltungen gemacht.                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 6. In den Lehrveranstaltungen der <i>Bildungswissenschaften</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf andere <i>bildungswissenschaftliche</i> Lehrveranstaltungen gemacht. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| <b>c) Zeitlicher Aufbau (im Studienverlauf) <u>innerhalb</u> der Bereiche <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften</i></b>  |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| 7. Inhaltlich bauten spätere Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> auf früheren auf.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 8. Inhaltlich bauten spätere Lehrveranstaltungen der <i>Fachdidaktik</i> auf früheren auf.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 9. Inhaltlich bauten spätere Lehrveranstaltungen der <i>Bildungswissenschaften</i> auf früheren auf.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| <b>d) Verständnisfördernder Aufbau <u>innerhalb</u> der Bereiche <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften</i></b>   |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| 10. Die <i>Fachwissenschaft</i> insgesamt war so aufgebaut, dass man ein zunehmendes Verständnis für die Inhalte entwickeln konnte.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 11. Die <i>Fachdidaktik</i> insgesamt war so aufgebaut, dass man ein zunehmendes Verständnis für die Inhalte entwickeln konnte.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 12. Die <i>Bildungswissenschaften</i> insgesamt waren so aufgebaut, dass man ein zunehmendes Verständnis für die Inhalte entwickeln konnte.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |

| <b>e) Gesamtbeurteilung der Bereiche <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften</i> hinsichtlich Verknüpfungen</b>  |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
|--|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
|  | stimme<br>nicht zu    | stimme<br>eher<br>nicht zu | teils-<br>teils       | stimme<br>eher zu     | stimme<br>zu          | nicht<br>beur-<br>teilbar |
| 13. Insgesamt nehme ich die <i>Fachwissenschaft</i> als in sich sinnhaft zusammenhängend wahr.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 14. Insgesamt nehme ich die <i>Fachdidaktik</i> als in sich sinnhaft zusammenhängend wahr.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 15. Insgesamt nehme ich die <i>Bildungswissenschaften</i> als in sich sinnhaft zusammenhängend wahr.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| Es folgen nun Aussagen zur Verknüpfung der Bereiche <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik</i> und <i>Bildungswissenschaften</i> untereinander. Bitte beurteilen Sie auch bei diesen jene zur <b><i>Fachwissenschaft</i></b> und <b><i>Fachdidaktik</i></b> immer nur in Bezug auf das <b>Fach Chemie</b> . |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| <b>f) Inhaltliche Verknüpfung <u>zwischen</u> den Bereichen <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften</i></b>  |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| 16. Es gab inhaltliche Verknüpfungen zwischen den jeweiligen Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> und der <i>Fachdidaktik</i> .   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 17. Es gab inhaltliche Verknüpfungen zwischen den jeweiligen Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> und den <i>Bildungswissenschaften</i> .   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 18. Es gab inhaltliche Verknüpfungen zwischen den jeweiligen Lehrveranstaltungen der <i>Fachdidaktik</i> und den <i>Bildungswissenschaften</i> .   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| <b>g) Explizite Verweise der Lehrenden <u>zwischen</u> den Bereichen <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften</i></b>   |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| 19. In den Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf Lehrveranstaltungen der <i>Fachdidaktik</i> gemacht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 20. In den Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf Lehrveranstaltungen der <i>Bildungswissenschaften</i> gemacht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 21. In den Lehrveranstaltungen der <i>Fachdidaktik</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> gemacht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 22. In den Lehrveranstaltungen der <i>Fachdidaktik</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf Lehrveranstaltungen der <i>Bildungswissenschaften</i> gemacht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 23. In den Lehrveranstaltungen der <i>Bildungswissenschaften</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf Lehrveranstaltungen der <i>Fachwissenschaft</i> gemacht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 24. In den Lehrveranstaltungen der <i>Bildungswissenschaften</i> wurden von den Lehrenden explizite Verweise auf Lehrveranstaltungen der <i>Fachdidaktik</i> gemacht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |

| <b>h) Gesamtbeurteilung der Verknüpfungen <u>zwischen</u> den Bereichen <i>Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften</i></b>   |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
|---|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
|   | stimme<br>nicht zu    | stimme<br>eher<br>nicht zu | teils-<br>teils       | stimme<br>eher zu     | stimme<br>zu          | nicht<br>beur-<br>teilbar |
| 25. Insgesamt nehme ich die <i>Fachwissenschaft</i> und die <i>Fachdidaktik</i> als sinnhaft miteinander verknüpft wahr.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 26. Insgesamt nehme ich die <i>Fachdidaktik</i> und die <i>Bildungswissenschaften</i> als sinnhaft miteinander verknüpft wahr.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 27. Insgesamt nehme ich die <i>Fachwissenschaft</i> und die <i>Bildungswissenschaften</i> als sinnhaft miteinander verknüpft wahr.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| <b>i) Ihre Wahrnehmung von Strukturen und Verknüpfungen im Lehramtsstudium</b>  |                       |                            |                       |                       |                       |                           |
| 28. Die Studienstruktur ist/war so angelegt, dass alle Lehrveranstaltungen reibungslos besucht werden können/konnten.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 29. Die Studienstruktur ist/war so angelegt, dass es ausreichend Gelegenheiten gibt/gab, fachwissenschaftliche, fachdidaktische und bildungswissenschaftliche Studienanteile miteinander zu verknüpfen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 30. Insgesamt nehme ich im bisherigen Studienverlauf alle drei Bereiche (Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften) jeweils als <u>in sich</u> zusammenhängend wahr.                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 31. Insgesamt nehme ich mein Lehramtsstudium so wahr, dass alle drei Bereiche (Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften) sinnhaft <u>miteinander</u> verknüpft sind.                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 32. Ich erkenne einen Sinn darin, fachwissenschaftliche, fachdidaktische und bildungswissenschaftliche Studienanteile eng miteinander zu verknüpfen.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 33. Ich habe im Laufe der Zeit ein zunehmendes Verständnis für Verknüpfungen der Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften erworben, die den komplexen Lehrberuf kennzeichnen.          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| 34. Ich fühle mich auf die vielfältigen und komplexen Herausforderungen des Lehrberufs durch mein Studium gut vorbereitet.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/>  |
| <b>Vielen herzlichen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben,<br/>die Weiterentwicklung der Lehramtsstudiengänge zu unterstützen!</b>   |                       |                            |                       |                       |                       |                           |

**Ergänzende offene Frageitems:**

- A. Beurteilen Sie die Verknüpfung von Inhalten aus Fachwissenschaft und Fachdidaktik innerhalb Ihrer universitären Ausbildung (horizontale Kohärenz). Was läuft bereits gut, Wo gibt es Verbesserungspotential, etc.?
  
- B. Beurteilen Sie die inhaltliche Progression von Lehrveranstaltungen innerhalb der Fachwissenschaft, bzw. Fachdidaktik (vertikale Kohärenz)? Was läuft bereits gut, Wo gibt es Verbesserungspotential, etc.?
  
- C. Beurteilen Sie die Verknüpfung von theoretischem Input mit praktischer Erprobung innerhalb Ihrer universitären Ausbildungsphase. Was läuft bereits gut, Wo gibt es Verbesserungspotential, etc.?
  
- D. Welche Anpassungen innerhalb der universitären Lehrer:innen-Bildung würden Sie sich mit Blick auf Ihr Berufsziel wünschen?

## I.II Selbsteinschätzungsbogen Interesse und Grundwissen

Persönlicher Code:

Bitte geben Sie Ihr fachliches Interesse an den jeweiligen Themenfeldern des Chemieunterrichts an (grau hinterlegt) und schätzen Sie anhand des nachfolgenden Fragebogens Ihr Grundwissen in den einzelnen Teilgebieten ein.

|   |                       | sehr gering | gering | hoch | sehr hoch |
|---|-----------------------|-------------|--------|------|-----------|
| <b>RedOx-Reaktionen</b>   | fachliches Interesse: |             |        |      |           |
| Grundwissen Ionenbildung<br>(Elektronenaffinität, Ionisierungsenergie, Elektronegativität, Edelgaskonfiguration, etc.)  |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Ionenbindung/Salzbildung<br>(Verhältnisformel, Ionenkristall, Salzbildung, anorganische/organische Salze, Fällungsreaktionen, etc.)                           |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen RedOx-Reaktionen<br>(Kennzeichen Reduktion/Oxidation, Teilgleichungen aufstellen, Gleichungen ausgleichen, Gesamtgleichungen aufstellen, etc.)                |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Oxidationszahlen<br>(ermitteln, Reduktion/Oxidation erkennen, etc.)   |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Elektrochemie<br>(galvanische Zelle, Elektrolyse, Galvanisieren, elektrochemische Spannungsreihe, edel/unedel, Anode/Kathode, etc.)                           |                       |             |        |      |           |
| <b>Säure-Base-Reaktionen</b>  | fachliches Interesse: |             |        |      |           |
| Grundwissen Säure-/Base-Konzepte<br>(Broensted, Arrhenius, Lewis, etc.)   |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Säure-/Basenstärke<br>(Massenwirkungsgesetz, KS/KB, pKS/pKB, Dissoziationsgrad, pH-Wert-Berechnung, etc.)   |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Titration<br>(Konzentrationsrechnung, Neutralisationsgleichung, Titrationskurve, Indikatoren, Umschlagsbereiche, (Halb-)Äquivalenzpunkt, Pufferbereich, etc.) |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Lösungsvorgang<br>(Dissoziation, Lösungsenthalpie, Gitterenergie, Hydratationsenergie, Solvatation, Lösungs-gleichgewicht, etc.)                              |                       |             |        |      |           |
| <b>Gruppenübertragungsreaktionen</b>  | fachliches Interesse: |             |        |      |           |
| Grundwissen typische Verbindungen der organischen Chemie<br>(Alkohole, Carbonyle, Carbonsäuren, Ester, Amine, Amide, etc.)  |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Polarität<br>(polar, unpolar, hydrophil, lipophil, amphiphil, Tenside, Emulgatoren, intermolekulare Wechselwirkungen, etc.)                                   |                       |             |        |      |           |
| Beispiele für typische Reaktionen der organischen Chemie<br>(Veresterung, Aldol-Reaktion, Amidbildung, Veretherung, etc.)   |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Reaktionsmechanismen der organischen Chemie<br>(Radikalisch, Pericyclisch, Polar)   |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Reaktionstypen der organischen Chemie<br>(Addition, Substitution, Eliminierung, Umlagerung)   |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Chemisches Gleichgewicht<br>(MWG, Gleichgewichtskonstante, Einflussfaktoren, Le'Chatelier, etc.)  |                       |             |        |      |           |
| Grundwissen Thermodynamik & Kinetik<br>(Enthalpie, freie Enthalpie, Entropie, Katalyse, Energieschemata, Reaktionsgeschw., etc.)  |                       |             |        |      |           |

### I.III Reflexionsprompts Prozessportfolio

#### Sitzung 1 & 2

- 1.) Reflektieren Sie die Erstellung der Concept-Maps!
  - a. Erklären Sie ihre **eigene CM** und stellen Sie dar, welche Herausforderungen bei der Erstellung aufgetreten sind!
  - b. Stellen Sie ihre **gemeinsame CM** dar und erklären Sie diese! Beschreiben und reflektieren Sie dann den Prozess der Erstellung in Bezug auf Ihren eigenen (fachlichen) Erkenntnisgewinn (u.a. Welche neuen (fachlichen) Erkenntnisse nehmen Sie mit? Worüber haben Sie besonders diskutiert und was ist Ihnen dadurch klar geworden? Wie schwierig/einfach war es, einen gemeinsamen Nenner zu finden? Wo lagen Unterschiede? Wie waren Ihre verschiedenen Herangehensweisen an das Thema? Worauf führen Sie diese Unterschiede zurück?)
- 2.) Legen Sie Ihren persönlichen **fachlichen** Erkenntnisgewinn durch die eigene und die gemeinsame Erstellung bzw. Bearbeitung der CM dar (u.a. Vernetzung des eigenen Wissens)!
- 3.) Auf Grundlage Ihrer Erkenntnis zu 1. und 2.:

Reflektieren Sie Ihre eigene Selbsteinschätzung bzgl. Ihrer Kenntnisse zu Ihrem fachlichen Themengebiet und bewerten Sie diese hinsichtlich folgender Aspekte:

War meine Einschätzung zutreffend? Was passte, was passte weniger? Wo haben sich fachliche Lücken gezeigt? Wie sieht es mit meinem vernetzten fachlichen Wissen aus?

Würde ich mich auf Grund der Erfahrungen aus den CMs jetzt anders einschätzen? Wenn ja, warum und wie?

#### Sitzung 5 & 6

- 1.) Diskutieren und reflektieren Sie auf Grundlage der heutigen Sitzung: Welchen Mehrwert bieten Ihnen die Kenntnis über sowie das Verständnis der Zusammenhänge durch die Basiskonzepte als (zukünftige) Chemielehrer:innen?
- 2.) Schätzen Sie ein und reflektieren Sie ihr konzeptionelles Fachverständnis über die drei behandelten Themenbereiche sowie übergeordnet zwischen den Themenbereichen (siehe BK und Vernetzung).

Stellen Sie vorher – nachher Vergleiche an und untermauern Sie ihre Einschätzung mit konkreten Beispielen.

- 3.) Denken Sie über die letzten 4 Sitzungen nach und ziehen Sie ein Fazit zu
  - a. ihrem persönlichen fachlichen Erkenntnisgewinn
  - b. ihren (weiterhin vorhandenen oder neu hinzugekommenen) Herausforderungen in bzw. mit den drei Themengebieten und deren Vernetzung untereinander

### **Sitzung 11 – 14**

- 1.) Sammeln Sie alle ihre Aufzeichnungen im Portfolio.
- 2.) Jede MT-Einheit wird einzeln diskutiert und reflektiert.
- 3.) Leitfragen für den jeweiligen Portfolioeintrag:
  - a. **Als Lehrender:** Reflektieren Sie den Erfolg Ihrer Umsetzung der geplanten MT-Einheit auf Basis ihrer eigenen Erfahrungen (Hilfestellung: Selbstreflexion nach MT-Einheit) und mit Hilfe der mündlichen Statements durch die Lernenden.
  - b. **Als „Fachleiter:in“ und Lernender:** Diskutieren, Bewerten und Reflektieren Sie aus Ihrer Sicht als Lernender die MT-Einheit!  
Diskutieren, Bewerten und Reflektieren Sie aus Ihrer Sicht als „Fachleiter:in“ die MT-Einheit!

### **Abschlussreflexion:**

Lesen Sie sich zum Abschluss Ihr Portfolio noch einmal aufmerksam durch. Kommentieren Sie retrospektivisch bei Bedarf Ihre Ausführungen (farblich erkennbar): Bspw. was würden Sie auf Grund Ihres im Seminar erworbenen Wissens nun ggf. anders machen?

## I.IV Abschlussevaluationsbogen Gesamtmodul

### Persönlicher Code:

|   |   |  |
|---|---|--|
| Bitte erstellen Sie zunächst Ihren persönlichen Code. Dieser ermöglicht ein Zuordnen dieses <b>anonymisierten</b> Fragebogens zu weiteren von Ihnen ausgefüllten. | Anfangsbuchstabe des (ersten) Vornamens Ihrer Mutter:             |  |
|   | <u>V</u> orletzter Buchstabe des (ersten) Vornamens Ihrer Mutter: |  |
|   | Anfangsbuchstabe des Geburtsmonats Ihrer Mutter:                  |  |
|   | Zweiter Buchstabe Ihres eigenen Geburtsortes:                     |  |

| Bitte beurteilen Sie die Kohärenz <b>innerhalb der Lehrveranstaltung</b> anhand dieses Fragebogens. Möchten Sie Anmerkungen zu einzelnen Angaben machen, bzw. Ihre Auswahl begründen, so nutzen Sie dafür die entsprechenden Felder. | Stimme nicht zu | Stimme eher nicht zu | Teils, teils | Stimme eher zu | Stimme voll zu |
|--|-----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------|
| <b>Vertikale Kohärenz</b>  |                 |                      |              |                |                |
| In Bezug auf Inhalte und Themen <b>der Fachwissenschaft</b> baute die Lehrveranstaltung auf vorausgegangenen auf.  |                 |                      |              |                |                |
| In Bezug auf Inhalte und Themen <b>der Fachdidaktik</b> baute die Lehrveranstaltung auf vorausgegangenen auf.  |                 |                      |              |                |                |
| Zentrale Ideen und Konzepte aus früheren Lehrveranstaltungen wurden innerhalb dieser Lehrveranstaltung wiederholt aufgegriffen und vernetzt.   |                 |                      |              |                |                |
| Innerhalb der Lehrveranstaltung war eine inhaltliche Progression zu erkennen.  |                 |                      |              |                |                |
| Erklärungen/Anmerkungen:   |                 |                      |              |                |                |
| <b>Horizontale Kohärenz zwischen Fachdidaktik und Fachwissenschaft</b>   |                 |                      |              |                |                |
| Die Lehrveranstaltung stellte inhaltliche Verknüpfungen zwischen der Fachwissenschaft und der Fachdidaktik her.  |                 |                      |              |                |                |
| In der Lehrveranstaltung wurden von den Dozierenden explizit Verweise auf Anknüpfungspunkte mit der Fachdidaktik gegeben.  |                 |                      |              |                |                |
| In der Lehrveranstaltung wurden von den Dozierenden explizit Verweise auf Anknüpfungspunkte mit der Fachwissenschaft gegeben.  |                 |                      |              |                |                |
| Erklärungen/Anmerkungen:   |                 |                      |              |                |                |

|   | Stimme nicht zu | Stimme eher nicht zu | Teils, teils | Stimme eher zu | Stimme voll zu |
|---|-----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------|
| <b>Horizontale Kohärenz zwischen theoretischer und praktischer Ausbildung</b>   |                 |                      |              |                |                |
| Theoretisch erlernte Inhalte aus dem Bereich der <b>Fachwissenschaft</b> konnten innerhalb von praktischen Settings erprobt werden. |                 |                      |              |                |                |
| Theoretisch erlernte Inhalte aus dem Bereich der <b>Fachdidaktik</b> konnten innerhalb von praktischen Settings erprobt werden.     |                 |                      |              |                |                |
| Erklärungen/Anmerkungen:  |                 |                      |              |                |                |
| <b>Kohärenzwahrnehmung</b>  |                 |                      |              |                |                |
| Grundsätzlich können Lehrveranstaltungen wie diese zu einer Steigerung der Kohärenz innerhalb der Lehramtsbildung beitragen.        |                 |                      |              |                |                |
| Erklärungen/Anmerkungen:  |                 |                      |              |                |                |

### Ergänzende offene Frageitems:

- A. Beurteilen Sie die Verknüpfung von Inhalten aus Fachwissenschaft und Fachdidaktik innerhalb der Lehrveranstaltung (horizontale Kohärenz). Was lief bereits gut, Wo gibt es Verbesserungspotential, etc.?
- B. Beurteilen Sie die inhaltliche Progression innerhalb dieser Lehrveranstaltung (vertikale Kohärenz)? Was lief bereits gut, Wo gibt es Verbesserungspotential, etc.?
- C. Beurteilen Sie die Verknüpfung von theoretischem Input mit praktischer Erprobung innerhalb dieser Lehrveranstaltung. Was lief bereits gut, Wo gibt es Verbesserungspotential, etc.?
- D. Beurteilen Sie: Hat diese Lehrveranstaltung zu einer Kohärenzsteigerung beigetragen? Welche Anpassungen würden Sie sich ggf. noch wünschen? *(Gerne können Sie hier konkrete Vorschläge abgeben.)*

## II. Codierleitfäden

### II.I Codierleitfaden zur zusammenfassenden Inhaltsanalyse der offenen Frageitems zur studentischen Kohärenzwahrnehmung

|  |   |
|--|---|
| <p>Untersuchungsfrage</p>  | <p>Wie bewerten angehende Lehrkräfte die gymnasiale Chemielehrkräftebildung an der Universität zu Köln im Hinblick auf die verschiedenen Kohärenzdimensionen und welche kohärenzbezogenen Faktoren nehmen sie konkret wahr?</p> |
| <p><b>Segmentbeispiele</b></p>   |   |
| <p>„Inhaltliche Progression der LV in der Fachwissenschaft gut (vor allem im Bachelor)“ (MLOU)<br/>         „Innerhalb der FW ist eine gute Progression zu erkennen. Inhalte, die in vergangenen Semestern gelernt wurden, werden in kommenden Semestern vorausgesetzt und angewendet, sowie weiterentwickelt (Ausgenommen Exoten, wie z.B. Nuklear-Chemie).“ (LLAE)<br/>         „Inhaltliche Progression ist im Großen und Ganzen vorhanden.“ (VKFE)</p>                         | <p><b>Z1<sub>VK</sub> FW</b></p> <p>Es liegt eine inhaltliche Progression innerhalb der Fachwissenschaft vor.</p>   |
| <p>„jedoch wurden wenig neue/fortgeschrittene Konzepte gelehrt.“ (SRME)<br/>         „FW: Erlernte Konzepte wirken zufällig und oft ziellos.“ (IIAE)<br/>         „Die inhaltliche Progression innerhalb der Fachwissenschaften ist semesterübergreifend eher weniger ausgeprägt. Da jedes Semester einen anderen fachwissenschaftlichen Schwerpunkt/Inhalt hat, wird oftmals nur ein geringer Anteil des bereits Erlernten benötigt.“ (MLOE)</p>                                  | <p><b>Z2<sub>VK</sub> FW</b></p> <p>Konzepte werden subdisziplinübergreifend nicht (umfassend) fortgeführt bzw. weiterentwickelt.</p>   |
| <p>„Teilweise vorhanden. Z.B. AC Grundvorlesung und AC im Master.“ (ULSO)<br/>         „Im Master können in der Fachwissenschaft Vorlesungen gewählt werden, welche auf denen des Bachelors aufbauen.“ (SNJR)<br/>         „Insbesondere im Bereich AC/OC ist eine inhaltliche Progression erkennbar (vermutlich abhängig von den WPs). Dort werden gelernte Konzepte immer wieder aufgegriffen.“ (SRME)</p>   | <p><b>Z3<sub>VK</sub> FW</b></p> <p>Veranstaltungen gleicher Subdisziplinen bauen aufeinander auf. Konzepte werden wiederaufgegriffen.</p>  |
| <p>„Schwierig ist es, wenn Inhalte aus Wahlmodulen vorausgesetzt werden, die man nicht besucht hat.“ (BRJE)<br/>         „Besonders problematisch sind dabei die Wahlmodule, da man diese aufbauend belegt haben muss, um vor allem im Master den Anschluss zu haben.“ (KIFD)<br/>         „In der Fachwissenschaft finden jedoch Rückgriffe auf Inhalte statt, die gar nicht gelehrt wurden.“ (MIJS)</p>  | <p><b>Z4<sub>VK</sub> FW</b></p> <p>Es werden Fachinhalte vorausgesetzt, die zuvor nicht oder nur in Wahlpflichtmodulen behandelt wurden.</p>   |
| <p>„In Bezug auf die Fachwissenschaft kann gesagt werden, dass die Teile eher für sich stehen &amp; nicht wirklich gut verknüpft sind.“ (AEME)<br/>         „In der Fachwissenschaft ist die inhaltliche Trennung klarer zu erkennen.“ (BIAO)<br/>         „Die Module sind nicht übergreifend, sondern mehr in sich abgeschlossen.“ (KIFD)<br/>         „alles losgelöst z.B. nach OC kommt PC &amp; dann macht man 3 Jahre kein OC mehr.“ (IEFU)</p>                             | <p><b>Z5<sub>VK</sub> FW</b></p> <p>Kaum Bezüge zwischen Veranstaltungen verschiedener Subdisziplinen. Diese sind in sich abgeschlossen und voneinander getrennt.</p>   |
| <p>„Lediglich die VL Allgemeine Chemie im 1. Semester wird innerhalb des gesamten Studiums relevant.“ (MLOE)<br/>         „Die Fachwissenschaftlichen Module bauen eigentlich nur auf Allgemeine Chemie auf.“ (OINE)</p>   | <p><b>Z6<sub>VK</sub> FW</b></p> <p>Rückbezüge auf Inhalte der Allgemeinen Chemie.</p>  |
| <p>„In der FD werden Themen erneut aufgegriffen (z.B. Fehlvorstellungen).“ (MWJE)<br/>         „In der Fachdidaktik wiederholen sich die Themen häufig, wodurch man immer etwas tiefer einsteigen kann.“ (HKNE)<br/>         „während in der Fachdidaktik oft auf Vorwissen aufgebaut wird und Inhalte aus anderen Seminaren wieder aufgegriffen werden.“ (BIAE)</p>   | <p><b>Z7<sub>VK</sub> FD</b></p> <p>Inhalte werden wiederholt bzw. wiederaufgegriffen.</p>  |
| <p>„Im Bezug zwischen Bachelor und Master kann gesagt werden, dass die Fachdidaktik anknüpft &amp; Sachen vernetzt, bzw. auf einer höheren Ebene ansetzt.“ (AEME)<br/>         „In der Fachdidaktik baut einiges aufeinander auf und vor allem die praktischen Übungen sind gut abgestimmt (steigendes Niveau, gute Vorbereitung aufs PS).“ (AJJA)<br/>         „Innerhalb der Fachdidaktik scheinen die Veranstaltungen schon sehr gut aufeinander aufgebaut zu sein.“ (PISÖ)</p> | <p><b>Z8<sub>VK</sub> FD</b></p> <p>Veranstaltungen bauen mit steigendem Niveau aufeinander auf.</p>  |

| Segmentbeispiele   | Zusammenfassung   |
|--|---|
| <p>„In der Fachdidaktik kommt es häufig zu Doppelungen im Inhalt. Spätere Veranstaltungen versuchen neuen Inhalt hinzuzufügen, jedoch gleicht das häufig einer Wiederholung. Eine deutlichere Progression wäre möglich.“ (UTJA)</p> <p>„Die FD-Module im Bachelor wdh. Gefühlt nur alle das selbe.“ (OINE)</p> <p>„Innerhalb der Fachdidaktik ist die inhaltliche Progression deutlich besser, wobei es gerade im Bachelor zu Wiederholungen kommt.“ (MLOE)</p>  | <p><b>Z9<sub>VK</sub> FD</b></p> <p>Wiederholungen werden als Redundanz wahrgenommen.</p>   |
| <p>„In der Fachdidaktik fehlt mir persönlich allgemeines Wissen über Fachdidaktik. Die Module bisher waren mir zu speziell (z.B. NoS).“ (BRJE)</p> <p>„Die fachdidaktischen Inhalte hängen stark vom Forschungsfeld des Dozierenden ab, innerhalb einer Veranstaltung war Kohärenz zu erkennen, übergreifend jedoch nicht.“ (BIJL)</p> <p>„Fachdidaktik: kein „Roter Faden““ (MISR)</p> <p>„FD-Seminare könnten besser miteinander abgestimmt“ (SINA)</p>  | <p><b>Z10<sub>VK</sub> FD</b></p> <p>Durch zu speziellen Fokus wirken die Module wenig aufeinander abgestimmt und es ist kein roter Faden zu erkennen.</p>                                |
| <p>„-: In der Fachwissenschaft werden extrem selten fachdidaktische Themenfelder aufgegriffen, was daran liegt, dass es nur selten Vorlesungen gab, die extra für Lehramter waren.“ (MEAO)</p> <p>„Die meisten Vorlesungen der Chemie sind rein fachlich und nehmen keinen Bezug auf die Fachdidaktik“ (VNJO)</p> <p>„Die fachwissenschaftlichen Module sind oft mit den Student:innen des B.Sc. Studiums zusammengelegt und sind somit auch nur auf die Fachwissenschaft fokussiert.“ (SNJR)</p>  | <p><b>Z11<sub>HK</sub> FWFD</b></p> <p>Die Fachwissenschaft stellt kaum Bezüge zu fachdidaktischen Aspekten her.</p>  |
| <p>„In der Fachwissenschaft leben die Dozenten nach dem Motto „mit Lehramt und Didaktik haben wir nichts zu tun!“ (IEFU)</p> <p>„Fachwissenschaft guckt quasi auf die Didaktik herab.“ (GLSO)</p> <p>„Lehramt ist die hässliche Schwester der Chemie B.Sc. und M.Sc. Studiengänge. =&gt; Das Gefühl wird mir gegeben.“ (MISR)</p>  | <p><b>Z12<sub>HK</sub> FWFD</b></p> <p>Dozierende der Fachwissenschaft vermitteln negativen Eindruck von der Fachdidaktik und/oder dem Lehramtsstudium.</p>                               |
| <p>„Alle Module an denen vdG beteiligt ist, sind teilweise mit der Fachdidaktik vernetzt.“ (AJJA)</p> <p>„Eine Verknüpfung von FD und FW ist meist dann ersichtlich gewesen, wenn Fachwissenschaftler einen Bezug zum Lehramt hatten. (RNNÖ)</p> <p>„Bis jetzt hatte ich nur vdG der Fachwissenschaft und Didaktik in einem vermittelt.“ (DEJI)</p>  | <p><b>Z13<sub>HK</sub> FWFD</b></p> <p>Dozierende der Fachwissenschaft mit Lehramtshintergrund stellen Bezüge zur Fachdidaktik her.</p>   |
| <p>„Die Fachdidaktik nimmt viel Bezug auf die Fachwissenschaft bzw. das Fach Chemie (und damit zwangsläufig !! auf die Fachwissenschaft). Dies ist wichtig und absolut nötig.“ (HKNE)</p> <p>„Innerhalb der Fachdidaktik werden häufiger Verweise auf fachwissenschaftliche Inhalte gegeben und wie diese im Unterricht angewendet werden können.“ (MLOE)</p> <p>„Die FD ist durch den Gegenstand, den sie behandelt, in gewissem Maße gezwungen, Bezug auf die FW zu nehmen.“ (LLAE)</p>  | <p><b>Z14<sub>HK</sub> FDFW</b></p> <p>Die Fachdidaktik stellt direkte Bezüge zu fachwissenschaftlichen Themen her, wobei dies vor allem auch aus ihrer Fachkultur heraus resultiert.</p> |
| <p>„Fachdidaktik deckt nur einen Bruchteil der „Schulwelt“ ab. Alles fiktiv. Die Vermittlung der Fülle an Fachwissenschaft kommt zu kurz.“ (MISR)</p> <p>„Auf FD-Seite wurden FW-Inhalte immer wieder aufgegriffen, jedoch an vielen Stellen eher oberflächlich (wobei mehr oftmals nicht notwendig ist).“ (SRME)</p> <p>„Von Seiten der Fachdidaktik gab es Verknüpfungen hin zur Fachwissenschaft und auch explizite Verweise, aber eher auf einem grundlegenden Niveau und nicht auf dem, das die fachwissenschaftlichen Seminare innehatten.“ (AEME)</p> | <p><b>Z15<sub>HK</sub> FDFW</b></p> <p>Die aufgegriffenen Fachinhalte entstammen eher dem Bereich des Schulwissens als einem tiefergehenden Fachwissen.</p>                               |
| <p>„Gut: In der Fachwissenschaft kann das Theoretische im Labor erprobt werden.“ (BEMO)</p> <p>„Gut ist, dass es zu den meisten Modulen ein Praktikum gibt, wo theoretisches Wissen experimentell aufbereitet wurde.“ (IEFU)</p> <p>„Fachwissenschaften können in begleitenden Praktika erprobt werden.“ (MISR)</p>  | <p><b>Z16<sub>TP</sub> FW</b></p> <p>Praktische Anwendung theoretischen Fachwissens in Laborpraktika.</p>   |
| <p>„Weniger gut ist, dass viele Experimente nicht für die Schule geeignet sind (Sicherheit, Komplexität).“ (IEFU)</p> <p>„Fachliche Praktika: Zu wenig Schulbezug“ (PRJR)</p> <p>„In der Fachwissenschaft sind v.a. die Labortage mit nicht in der Schule realisierbaren Versuchen belegt.“ (ARDO)</p>   | <p><b>Z17<sub>TP</sub> FW</b></p> <p>Laborpraktische Experimente ohne direkten Schulbezug bzw. nicht in der Schule anwendbar.</p>   |

| Segmentbeispiele   | Zusammenfassung  |
|--|--|
| <p>„Praxisphasen in der Fachdidaktik oder vor allem auch die Arbeit mit SuS kommen viel zu kurz &amp; konnten nur im Praxissemester erprobt werden.“ (KIFD)</p> <p>„Verbesserungspotential: Theoretische Inhalte aus der Fachwissenschaft in Praktikum erproben =&gt; Meiner Meinung nach viel zu wenig. Nicht nur 3 Kurse sondern jedes Semester müsste einen Schulbezug aufweisen.“ (ULOR)</p> <p>„aber nicht bzw. kaum in Bezug auf die Fachdidaktik. Es gibt nur zwei Praktika im Bezug darauf. Jedoch fachdidaktische Praxis ist lediglich im EOP &amp; Praxissemester verfügbar gewesen &amp; nicht verknüpft.“ (AEME)</p>   | <p><b>Z18<sub>TP</sub> FD</b></p> <p>Zu wenig Möglichkeiten zur praktischen Erprobung fachdidaktischer Inhalte, da diese mit Schulpraxis gleichgesetzt wird.</p>   |
| <p>„Vor EOP keine Fachdidaktikveranstaltungen. Im PS dann häufig zu lange her oder nicht praxisnah in den Veranstaltungen behandelt.“ (ATJO)</p> <p>„Das EOP und BFP eignen sich kaum zur Erprobung, da zuvor (vor allem im EOP) wenig/kein fachdidaktisches Wissen vermittelt wurde.“ (SRME)</p>  | <p><b>Z19<sub>TP</sub> FD</b></p> <p>EOP auf Grund der frühen Verortung im Studienverlauf nicht geeignet zur Erprobung von fachdidaktischem Wissen.</p>  |
| <p>„Die Verknüpfung im Master lief sehr gut. So wurde man zuerst theoretisch vorbereitet und konnte diesen theoretischen Input im Praxissemester anwenden.“ (PRMI)</p> <p>„Das Praxissemester ist eine gute Möglichkeit zur Erprobung.“ (ARDO)</p> <p>„Praxisphasen in der Fachdidaktik oder vor allem auch die Arbeit mit SuS kommen viel zu kurz &amp; konnten nur im Praxissemester erprobt werden.“ (KIFD)</p>   | <p><b>Z20<sub>TP</sub> FD</b></p> <p>Das Praxissemester bietet eine gute Möglichkeit zur praktischen Erprobung fachdidaktischen (unterrichtsbezogenen) Wissens.</p>  |
| <p>„Praxissemesterprüfung: Prüfung in Form eines UBs und keine Projektarbeit.“ (GLJO)</p> <p>„Das PS hingegen bietet zahlreiche Gelegenheiten, wenngleich viele Ressourcen an anderer Stelle gebraucht werden.“ (SRME)</p> <p>„Im PS zu starker Bezug zu FD, statt Schulbezug und Anwendung theoretischen Wissens.“ (MWJE)</p>   | <p><b>Z21<sub>TP</sub> FD</b></p> <p>Fachdidaktische Forschungsperspektive des Praxissemesters wird bemängelt.</p>   |
| <p>„Ich habe nur bei ELKE die Möglichkeit gehabt, praktisch mit Schüler:innen zu arbeiten.“ (VNJO)</p> <p>„Das ELKE-Labor fand ich super, da durch die Strukturierung, Planung, gezielte(re) Betreuung eine gute Zusammenarbeit mit den SuS möglich war. Außerdem gut an dem ELKE-Labor: Man hat mehr Zeit für die Lernenden, als in einer 90-minütigen Schulstunde.“ (ALOR)</p> <p>„Dazu kommt das ELKE-Seminar, wo man theoretischen Input angeleitet mit praktischer Erprobung, also durch den Umgang mit SuS, verbindet.“ (SNJR)</p>   | <p><b>Z22<sub>TP</sub> FD</b></p> <p>Das Lehr-/Lern-Labor ELKE wird als positive (Schul-)Praxiserfahrung hervorgehoben.</p>  |
| <p>„Frühere &amp; mehr Praxisphasen in der Schule.“ (FNMI)</p> <p>„Mehr Praxis im Bachelor.“ (RTOM)</p> <p>„Viel Schulpraxis; Mit Schülern viel mehr arbeiten.“ (ULOR)</p> <p>„Mehr Kontakt zu Schüler:innen und deren Realität in der Schule.“ (ULSO)</p>   | <p><b>Z23<sub>W</sub> TP</b></p> <p>Stärkung des Theorie-(Schul-)Praxisbezugs durch den Ausbau von Praxisphasen.</p>   |
| <p>„stärkere Anpassung der FW an die Themen im Lehrplan.“ (HDOI)</p> <p>„Anpassung der Lehrinhalte in Bezug auf die in der Schule unterrichteten Themen, d.h. weniger Veranstaltungen mit den „Science“ Studierenden zusammen (Synthese usw.).“ (MIJS)</p> <p>„Da besteht deutliches Verbesserungspotential besonders in Bezug auf die fachwissenschaftlichen Inhalte, diese besser an das Lehramtstudium anzupassen.“ (AEME)</p> <p>„Fachdidaktische Vorlesungen zu fachwissenschaftlichen Inhalten (zusätzlich): „AC für Lehramt“ „OC für Lehramt““ (BTFÖ)</p> <p>„mehr Aufgreifen von schulrelevanten Themen im Studium, Thematisierung von professionellen Handlungskompetenzen, z.B. wie erklärt man?, wie stellt man lernaufgaben?“ (ALOR)</p> | <p><b>Z24<sub>W</sub> vK</b></p> <p>Wunsch nach stärkerem Schulbezug der universitären (insbesondere der fachwissenschaftlichen) Lehre bspw. durch die Einführung lehramtsspezifischer fachwissenschaftlicher Lehrveranstaltungen.</p> |
| <p>„Eine Verzahnung der Fachwissenschaftlichen und didaktischen Module =&gt; man lernt Konzepte direkt gemeinsam und nicht getrennt.“ (GLSO)</p> <p>„Jedes Thema der Fachwissenschaft müsste meiner Meinung nach fachdidaktisch aufgeschlüsselt werden. Das findet momentan einfach nicht statt.“ (BISO)</p> <p>„Verbesserung: Themen besser aufeinander abstimmen + Themenbereiche der Fachwissenschaft kurz halten, die für den schulischen Alltag weniger relevant sind und die relevanten entsprechend ausführlicher - vielleicht direkt mit Bezug zu Schwierigkeiten beim Lernprozess der SuS – behandeln.“ (PRMI)</p>  | <p><b>Z25<sub>W</sub> hK</b></p> <p>Stärkung der horizontalen Kohärenz durch stärkere Verknüpfung von Fach und Fachdidaktik.</p>   |

| <b>Segmentbeispiele</b>  | <b>Zusammenfassung</b>   |
|--|--|
| „Ich halte das BA/MA-System im Lehramtsstudium für überholt und fände die Option des dualen Studiums angebracht.“ (BIJL)<br>„Muster wie ein duales Studium mit kontinuierlicher Unterrichtspraxis verbinden.“ (BIAO)<br>„Duales Studium! Mehr Bezug zum Alltag/Realität in der Schule.“ (BISO)<br>„Duale Ausbildung statt 5 Jahre Universität.“ (ULOR) | <b>Z26<sub>W</sub> TP</b><br><br>Wunsch nach dualem Ausbildungssystem. |

## II.II Codierleitfaden zur inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse der Prozessportfolios – wahrgenommene Herausforderungen

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| Untersuchungsfrage | Welche Herausforderungen nehmen angehende Chemielehrkräfte im Prozess der horizontalen (Re-)Strukturierung und Vernetzung ihres Fachwissens mittels Concept Maps wahr?  |  |
| Hauptkategorie     | <b>K1<sub>H</sub></b> Fachwissenslücken   |  |
| Subkategorien      | <b>K1.1<sub>H</sub></b> Allgemeine Fachwissenslücken  | <b>K1.2<sub>H</sub></b> Spezifische Fachwissenslücken  |
| Definition         | Der/Die Student:in nennt im Prozess wahrgenommene <u>allgemeine</u> Fachwissenslücken (in Bezug auf das behandelte Themenfeld), die auf fehlendes Faktenwissen zurückzuführen sind.   | Der/Die Student:in nennt im Prozess wahrgenommene <u>spezifische</u> Fachwissenslücken (innerhalb des behandelten Themenfeldes), die auf fehlendes Faktenwissen zurückzuführen sind und gibt diese konkret an. |
| Ankerbeispiel      | „Ich habe zunächst versucht die Concept-Map 1.0 ohne Literaturrecherche und ohne die Schlüsselbegriffe anzufertigen. An diesem Punkt wurde mir zum ersten Mal vor Augen geführt, <b>wie groß meine Wissenslücke in dem Bereich RedOx eigentlich war.</b> “ (RB_22S) | „Vor allem mit <b>Energetik, Salzen, Spannungsreihe und Ionisierungsenergie</b> hatte ich einige Probleme. Ich musste zunächst noch einmal nachschlagen, was diese Begriffe bedeuten.“ (SMe_22W)               |
| Abgrenzungen       | Diese Kategorie wird nicht codiert, sobald konkrete fachinhaltliche Beispiele angegeben werden. Derartige Segmente werden Kategorie K1.2 <sub>H</sub> zugeordnet.   |  |
| Hauptkategorie     | <b>K2<sub>H</sub></b> Fragmentiertes Faktenwissen   |  |
| Subkategorien      | <b>K2.1<sub>H</sub></b> Allgemeine Vernetzungsschwierigkeiten   | <b>K2.2<sub>H</sub></b> Konkrete Vernetzungsschwierigkeiten  |
| Definition         | Der/Die Student:in nennt im Prozess wahrgenommene <u>allgemeine</u> Schwierigkeiten in der Vernetzung von Fakten innerhalb eines Themengebietes.  | Der/Die Student:in nennt im Prozess wahrgenommene <u>konkrete</u> Schwierigkeiten in der Vernetzung von Fakten innerhalb eines Themengebietes.   |
| Ankerbeispiel      | Das Thema Säuren und Basen habe ich überwiegend im Rahmen der Universität behandelt. Ich denke, dass ich auch hier solide Fachkenntnisse hatte, <b>allerdings liegen diese weniger vernetzt vor</b> (TMzW_23S)  | „Vor der Erstellung meiner eigenen CM <b>war mir nicht genau klar wie ich Salzbildung bzw. Reaktionen von Metall und Nichtmetall mit den RedOx-Reaktionen vernetze.</b> “ (YS22S)                              |
| Abgrenzungen       | Diese Kategorie wird nicht codiert, sobald konkrete fachinhaltliche Beispiele angegeben werden. Derartige Segmente werden Kategorie K2.2 <sub>H</sub> zugeordnet.   |  |
| Hauptkategorie     | <b>K3<sub>H</sub></b> Vernetztes Wissen im Themenfeld, aber nicht im Gesamtzusammenhang   |  |
| Definition         | Der/Die Student:in nennt im Prozess wahrgenommene Schwierigkeiten in der Vernetzung von Inhalten über die Grenzen eines Themenfeldes hinaus.  |  |
| Ankerbeispiel      | „Vor eine <b>besondere Herausforderung</b> stelle mich dabei <b>die Einordnung der Themengebiete in das Basiskonzept „Energie“ und das Herausstellen der Gemeinsamkeiten im Konzept „Struktur und Materie“.</b> “ (TK_22W)  |  |

### II.III Codierleitfaden zur inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse der Prozessportfolios – wahrgenommene Effekte von Modulphase 1

|                    |   |   |  |
|--------------------|---|---|--|
| Untersuchungsfrage | Inwiefern unterstützt die spezifische Methodik in Modulphase 1, bestehend aus iterativem Concept Mapping mit steigendem Abstraktionsniveau, kombiniert mit Elementen des Peer- und Gruppenaustauschs sowie der angeleiteten Metareflexion mittels Prozessportfolios, die angehenden Lehrkräfte bei der Transformation ihres universitär erworbenen Fachwissens mit Blick auf die schulische Lehrtätigkeit im Sinne der Ausbildung des PRFW? |   |  |
| Hauptkategorie     | <b>K1<sub>E</sub></b> (Re-)Strukturierung des Fachwissens durch Anfertigung der Concept Maps  |   |  |
| Subkategorien      | <b>K1.1<sub>E</sub></b> Wissensreaktivierung  | <b>K1.2<sub>E</sub></b> Wahrnehmung von Zusammenhängen  | <b>K1.3<sub>E</sub></b> Bewusstwerdung von Wissenslücken sowie Lernfortschritten (Metawissen)  |
| Definition         | Der/Die Student:in gibt an, sein/ihr fachinhaltliches Wissen durch das Erstellen der Concept Map (re-)aktiviert bzw. aufgefrischt zu haben.   | Der/Die Student:in gibt an, durch das Erstellen der Concept Map Bezüge zwischen Fachinhalten wahrzunehmen.  | Der/Die Student:in gibt an, sich durch das Erstellen der Concept Map Wissenslücken und/oder Lernfortschritten bewusst geworden zu sein.  |
| Ankerbeispiel      | „Vorhandenes, aber nicht bewusstes <b>Wissen</b> konnte mit der CM wunderbar <b>aufgefrischt</b> werden.“ (SM_22W)  | „Würde mir durch die CM noch mehr <b>bewusst welche Begriffe vernetzt werden können</b> .“ (ALS_23S)  | „CMs bieten eine gute Möglichkeit Themengebiete zu erschließen, da die eine detaillierte Einarbeitung in das Thema erfordern. <b>So kommen im Ausarbeitungsprozess immer wieder Fragen auf, dessen Lösung zu einem tieferen Verständnis führen.</b> “ (LH_23S) |
| Hauptkategorie     | <b>K2<sub>E</sub></b> Peer- und Gruppenaustausch  |   |  |
| Subkategorien      | <b>K2.1<sub>E</sub></b> Fehlerwahrnehmung und (-korrektur)  | <b>K2.2<sub>E</sub></b> Bewusstwerdung (und Schließung) von Wissenslücken   | <b>K2.3<sub>E</sub></b> Tieferes Durchdenken der Themen / Perspektivwechsel  |
| Definition         | Der/Die Student:in gibt an, durch den Peer- bzw. Gruppenaustausch eigene fachinhaltliche Fehler wahrgenommen (und korrigiert) zu haben.   | Der/Die Student:in gibt an, sich durch den Peer- bzw. Gruppenaustausch eigener Wissenslücken bewusst geworden zu sein.  | Der/Die Student:in gibt an, durch den Peer- bzw. Gruppenaustausch sowie damit einhergehende Perspektivwechsel Themenfelder tiefer durchdacht zu haben.   |
| Ankerbeispiel      | „So konnten wir gemeinsam über <b>mögliche Fehler und Verbesserungen diskutieren</b> , um eine fehlerfreie CM zu erstellen.“ (RL_23W)   | „Daher kann dem Austausch innerhalb der Gruppe ein großer Mehrwert zugesprochen werden, da ich einige <b>Lücken schließen</b> konnte bzw. <b>in Erfahrung bringen konnte, wo meine Lücken sind</b> , sodass ich nun Ansatzpunkte habe, um diese nacharbeiten und schließen zu können.“ (HS_22W) | „Erst durch den Vergleich und die Diskussion mit meiner Partnerin wurden einige <b>Umdenkprozesse</b> angeregt und <b>Erkenntnisgewinne</b> erzielt.“ (MK_22S)   |
| Hauptkategorie     | <b>K3<sub>E</sub></b> Aufbrechen von Subdisziplingrenzen anhand der Basiskonzepte   |   |  |
| Definition         | Der/Die Student:in gibt an durch die Abstraktion anhand der Basiskonzepte grundlegende Verbindungen zwischen verschiedenen Themenfeldern wahrgenommen zu haben.   |   |  |
| Ankerbeispiel      | „[Die Basiskonzepte] haben mir sehr gut aufgezeigt, dass die einzelnen Überthemen wir zum Beispiel Säure-Base-Reaktionen und Elektrochemie viel mehr <b>Überschneidungen bzw. Parallelen</b> haben, als ich vorher gedacht habe.“ (SM_23S)  |   |  |

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| Hauptkategorie | <b>K4<sub>E</sub></b> Grundlegende Effekte in Bezug auf das Professionswissen der angehenden Lehrkräfte sowie die zukünftige Lehrtätigkeit  |  |
| Subkategorien  | <b>K4.1<sub>E</sub></b> Entwicklung des Professionswissens  | <b>K4.2<sub>E</sub></b> Bedeutung für die zukünftige Lehrtätigkeit   |
| Definition     | Der/Die Student:in nennt Auswirkungen des spezifischen Vorgehens in Bezug auf Aspekte seines/ihrer persönlichen Professionalisierungsprozesses bzw. sein/ihr Professionswissen.   | Der/Die Student:in nennt allgemeine oder konkrete Effekte des spezifischen Vorgehens bzw. des damit verbundenen Erkenntnisgewinns auf ihre zukünftige schulische Lehrtätigkeit.  |
| Ankerbeispiel  | „Diese Erfahrung hat meine Fähigkeit verbessert, komplexe chemische Konzepte zu verstehen und zu erklären, und wird sich sicherlich auch in meiner weiteren akademischen und beruflichen Laufbahn als nützlich erweisen.“ (JP_23W)  | „Als angehende Lehrkraft erkenne ich, dass die Basiskonzepte allgemeine Prinzipien darstellen, nach denen sich die Inhalte der Chemie strukturieren lassen. Sie dienen mir als wichtige Orientierungshilfe, um den Unterricht logisch und kohärent aufzubauen.“ (PM_23W) |
| Hauptkategorie | <b>K5</b> Kritikpunkte  |  |
| Definition     | Der/Die Student:in äußert Kritikpunkte in Bezug auf das grundsätzliche methodische Vorgehen in Modulphase 1 bzw. einzelne spezifische Aspekte des Vorgehens sowie den damit verbundenen persönlichen Erkenntnisgewinn.  |  |
| Ankerbeispiel  | „Das Erstellen einer gemeinsamen Concept-Map empfand ich als wenig hilfreich für meinen persönlichen Lernzuwachs, da sie mein eigenes Wissensnetz nur bedingt abbildet.“ (FF_22S)<br>„Jedoch war die Arbeitseinstellung und der Austausch im Team gemeinsame Ergebnisse zu erzielen, meiner Meinung nach sehr schwierig“ (MZ_22S) |  |

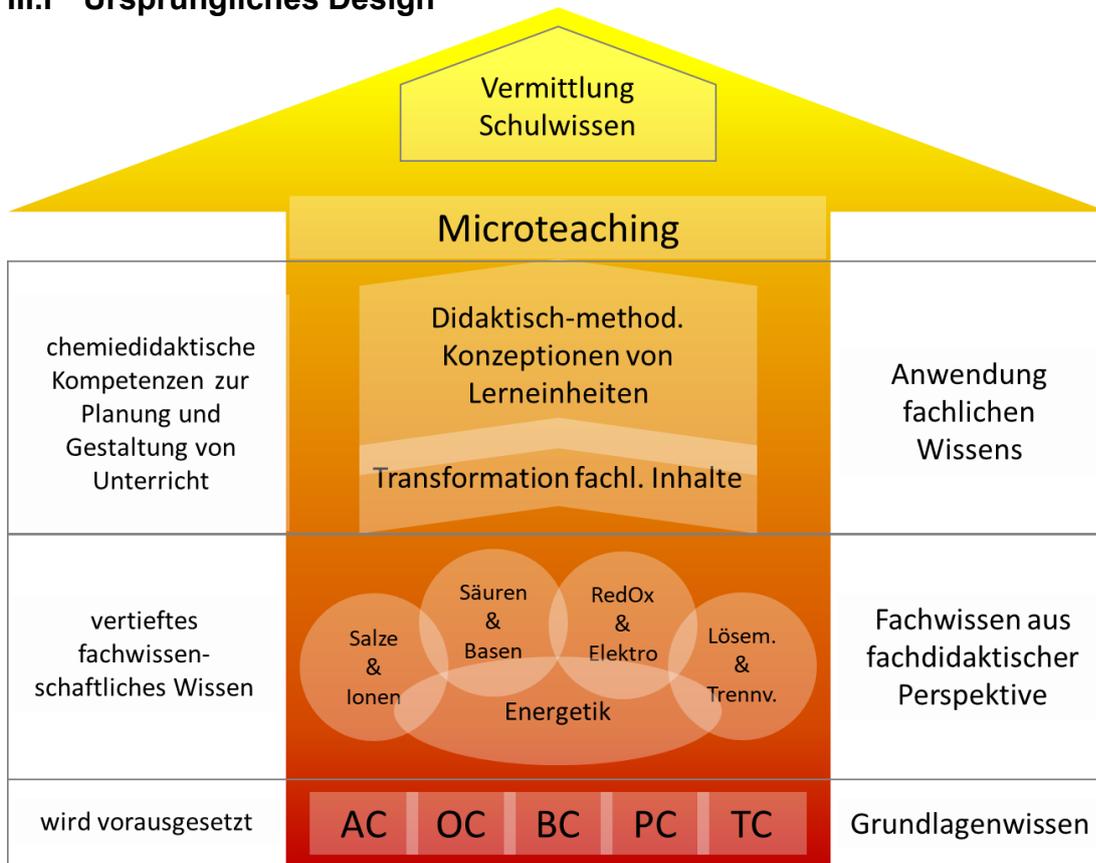
## II.IV Codierleitfaden zur inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse der offenen Frageitems der Abschlussevaluationsbögen

| K <sub>1</sub> R positive Rückmeldungen              |   |   |  |
|--|---|---|--|
| Subkategorien  | Definition  | Ankerbeispiel   |  |
| <b>K1.1<sub>R</sub></b><br>metho-<br>denbezo-<br>gen | <b>K1.1.1<sub>R</sub></b><br>Concept Map-<br>ping   | Der/Die Student:in gibt eine positive Rückmeldung in Bezug auf die Methode des Concept Mappings.  | „ <b>Concept-Maps waren sehr gut</b> , um die Zusammenhänge nachzuvollziehen“ (KNJE)   |
|  | <b>K1.1.2<sub>R</sub></b><br>Microteaching  | Der/Die Student:in gibt eine positive Rückmeldung in Bezug auf die Methode des Microteachings.  | „ <b>Die Micro-Teachings haben gefördert</b> , die Fachinhalte bei einem selbst so zu vernetzen, dass man sie einer anderen Gruppe präsentieren kann.“ (BRJE)  |
| <b>K1.2<sub>R</sub></b><br>kohärenz-<br>bezogen      | <b>K1.2.1<sub>R</sub></b><br>Theorie-Praxis-<br>Bezug   | Der/Die Student:in gibt eine positive Rückmeldung in Bezug auf die Herstellung eines Theorie-Praxis-Bezugs.                                   | „Wir haben stets genug Zeit gehabt, um die <b>Theorie in die Praxis umzusetzen</b> und es wurde genug Zeit dafür eingeplant.“ (UTJA)   |
|  | <b>K1.2.2<sub>R</sub></b><br>Vertikale Kohärenz zwischen<br>Universität und<br>Schule<br>(Überwinden der<br>Diskontinuität) | Der/Die Student:in gibt eine positive Rückmeldung in Bezug auf die Schaffung eines konkreten Schulbezugs.                                     | „Das Aufgreifen der Themenfelder und Verknüpfung mit den Basiskonzepten war eine gute Möglichkeit die bisher gelernten <b>fachwissenschaftlichen Inhalte mit den möglichen Begegnungen in der Schule zu verbinden</b> .“ (VNJO)<br><br>„Innerhalb der Veranstaltung wurde das Universität-Fachwissen aufgegriffen und <b>in Bezug zum schulischen Kontext</b> gesetzt.“ (GEJD) |
|  | <b>K1.2.3<sub>R</sub></b><br>Horizontale Kohärenz innerhalb<br>der Domäne<br>Fachwissen<br>(Defragmentierung)               | Der/Die Student:in gibt eine positive Rückmeldung in Bezug auf die zunehmende Verknüpfung von Fachinhalten innerhalb der Domäne Fachwissen.   | „Die <b>Verknüpfung innerhalb der Fachwissenschaft</b> hat sich super <b>ausgebaut</b> .“ (LLAE)<br><br>„Durch die <b>Verknüpfung von SB und RedOx</b> und die Besprechung der Basiskonzepte wurde die Kohärenz gesteigert.“ (SNJR)  |
|  | <b>K1.2.4<sub>R</sub></b><br>Horizontale Kohärenz zwischen<br>Fachwissen und<br>Fachdidaktischem Wissen                     | Der/Die Student:in gibt eine positive Rückmeldung in Bezug auf die zunehmende Verknüpfung der Domänen Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen. | „Die Veranstaltung hat bereits gelernte Aspekte der <b>Fachwissenschaft mit denen der Fachdidaktik verknüpft</b> .“ (VNJO)<br><br>„Die Veranstaltung hat definitiv viele Impulse zur <b>Verknüpfung zwischen FD/FW</b> gegeben, sowohl praktisch als auch theoretisch.“ (MNJM)   |
|  | <b>K1.2.5<sub>R</sub></b><br>Allgemeine Aussagen zur Wissensverknüpfung   | Der/Die Student:in gibt allgemeine kohärenz- bzw. vernetzungsbezogene positive Rückmeldungen.   | „Zur Vernetzung ideale Vorgehensweise.“ (LLAE)<br><br>„Die Veranstaltung hat zur Kohärenzsteigerung beigetragen und eine deutliche fachliche Verbesserung herbeigeführt.“ (SKNE)   |

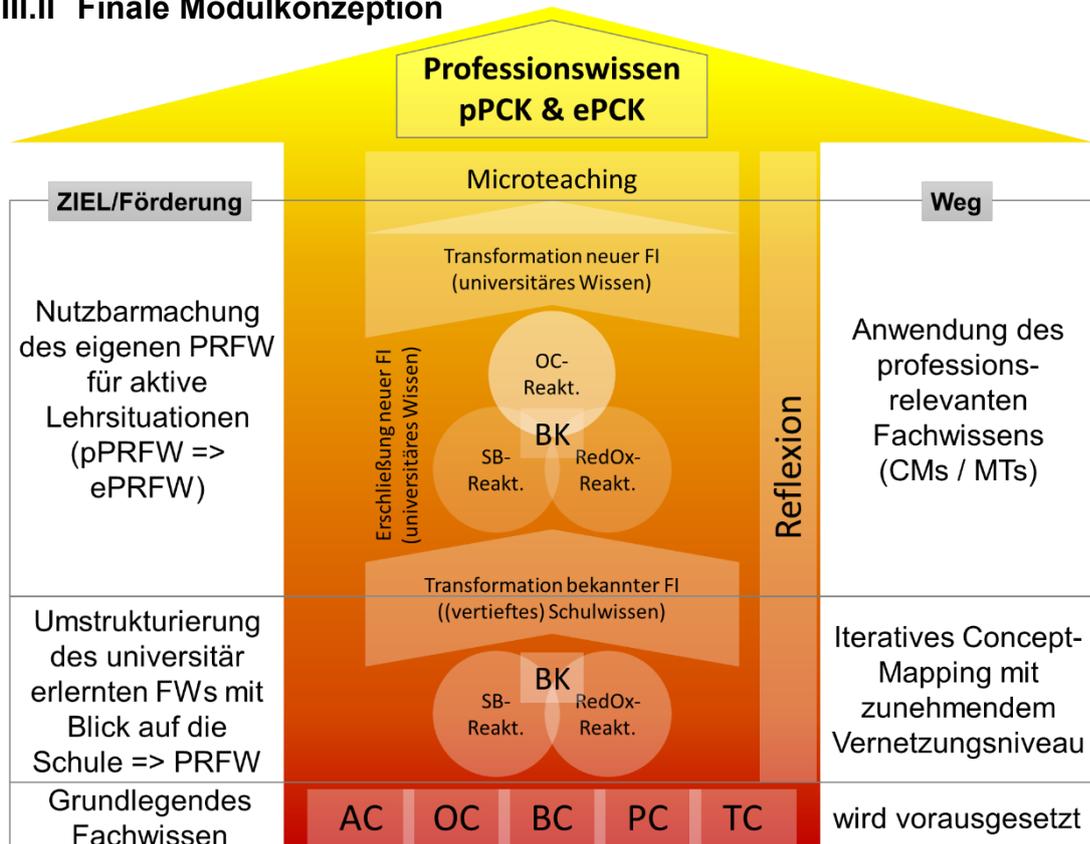
| K2 <sub>R</sub> Kritik und Verbesserungsvorschläge                     |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Subkategorien  |   | Definition   | Ankerbeispiele  |
| K2.1 <sub>R</sub><br>Gesamtmodulbezogene Forderungen                   | K2.1.1 <sub>R</sub><br>Forderung nach mehr Methodenvielfalt               | Der/Die Student:in äußert den Wunsch nach mehr Methodenvielfalt.                             | „Mit Inhalten auseinandersetzen finde ich gut & richtig, ich persönlich würde die Inhalte & Bezüge mit <b>unterschiedlichen Methoden</b> herstellen.“ (SINA)<br>„Ich hätte mir mehr Varietät gewünscht. Es wäre schön gewesen <b>mehrere Methoden abseits der CM</b> kennenzulernen.“ (BNJR)                                  |
|  | K2.1.2 <sub>R</sub><br>Forderung nach mehr angeleiteter Vernetzung        | Der/Die Student:in äußert den Wunsch nach umfangreichere angeleiteter Vernetzung.            | „Die <b>Verknüpfung mit den Basiskonzepten, hätte hingegen etwas ausführlicher erarbeitet werden können</b> , da es im vorherigen Studienverlauf keinerlei Verknüpfung mit diesen gab.“ (KIFD)<br>„Die <b>Verknüpfung</b> von RedOx + SB mit <b>weiteren Themen</b> des Chemieunterrichts wäre noch wünschenswert.“ (BNJR)    |
|  | K2.1.3 <sub>R</sub><br>Forderung nach mehr Praxisanteilen                 | Der/Die Student:in äußert den Wunsch nach höheren Praxisanteilen.                            | „ <b>Mehr unterrichtsnahe Übungen/Simulationen</b> wären gut.“ (ATOO)<br>„Microteaching sehr positiv, vielleicht allerdings <b>mehrere kleine Einheiten</b> über das Semester verteilt.“ (CIJU)   |
|  | K2.1.4 <sub>R</sub><br>Forderung nach stärkerem Einbezug der Fachdidaktik | Der/Die Student:in äußert den Wunsch nach einem stärkeren Einbezug fachdidaktischer Aspekte. | „Anknüpfungspunkte zwischen den einzelnen Themen <b>auch didaktisch ausarbeiten</b> wäre interessant gewesen "wie komme ich von Thema A zu B".“ (BIJL)<br>„Meiner Meinung nach hätte man <b>einen größeren Fokus auf die Erprobung fachdidaktischer Inhalte</b> im praktischen Setting setzen können.“ (BTAE)                 |
| K2.2 <sub>R</sub><br>Auf Modulphase 2 bezogene Forderungen bzw. Kritik | K2.2.1 <sub>R</sub><br>Kritik an fachlichem Anspruch der OC-Themen        | Der/Die Student:in äußert Kritik an dem fachlichen Anspruch der OC-Themen.                   | „OC-Themen gingen meiner Meinung nach etwas zu tief ins Thema.“ (GUFA)<br>„Thema von Kath-Schorr setzt zu viel biologisches Vorwissen voraus. (FNMI)  |
|  | K2.2.2 <sub>R</sub><br>Wahrgenommener Bruch zwischen Modulphase 1 und 2   | Der/Die Student:in gibt an, einen Bruch zwischen Modulphase 1 und 2 wahrgenommen zu haben.   | „MT <b>fühlte sich als Bruch an</b> , da vorher die ganze Zeit Säure/Base & RedOx gemacht wurde. Verbindendes Medium war nur die Methode CM.“ (FNMI)<br>„Die <b>Verknüpfung</b> zwischen der BC/OC-Thematik und den vorangegangenen Themenfeldern <b>hätte noch deutlicher sein können</b> - hier gab es einen Bruch.“ (ARSE) |

### III. Übersichten der Modulkonzeptionen

#### III.I Ursprüngliches Design



#### III.II Finale Modulkonzeption



## IV. Anhänge der eingebundenen Artikel

### IV.I Anhang Artikel 1

#### **Supplementary Material:**

#### **The Importance of a Horizontal Interlinking Dimension in Content Knowledge for Chemistry Teacher Education**

Niklas Prewitz\* and Katharina Groß

Institute of Chemistry Education

University of Cologne

Cologne, Germany

Herbert-Lewin-Str. 2

D-50931 Cologne, Germany

[niklas.prewitz@uni-koeln.de](mailto:niklas.prewitz@uni-koeln.de)

ORCID: 0000-0001-6435-1182

<https://www.researchgate.net/profile/Niklas-Prewitz>

**Comparison of the guidelines for the subject content of chemistry at upper secondary school level and the subject content requirements for teacher education in chemistry for secondary level teachers.**

| Guidelines for the subject content of chemistry at upper secondary level <sup>25</sup>  | Subject content requirements for teacher education in chemistry for secondary level teachers <sup>23</sup>   |
|---|--|
| <b>Substances, structures, properties</b>   |  |
| <b>Compounds with functional groups:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiple bindings</li> <li>- Hydroxy-, carbonyl-, carboxy-, ester-group</li> <li>- Amino-group</li> <li>- Arenes</li> </ul>   | <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Substance classes, functional groups</li> <li>- Arenes</li> </ul>  |
| <b>Chemical bond:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Covalent bonding</li> <li>- Ionic bonding</li> <li>- Metallic bonding</li> <li>- Coordinative bonding</li> </ul>   | <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atoms and bonding</li> <li>- Coordination chemistry</li> </ul>   |
| <b>Structures of selected organic and inorganic substances:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inter- and intramolecular forces</li> <li>- Ionic crystals</li> <li>- Metals</li> <li>- Molecular geometry (VSEPR model)</li> <li>- Chirality</li> <li>- Nanostructures</li> </ul>   | <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure-property relationships</li> <li>- Chemistry of metals</li> </ul> <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stereochemistry, Isomerism</li> <li>- Biopolymers, coenzymes, biomolecules</li> </ul> |
| <b>Natural and synthetic substances:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plastics</li> <li>- Fats, proteins, carbohydrates</li> <li>- Dyes</li> </ul>  | <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Natural and synthetic macromolecules</li> <li>- Dyes and dyeing processes</li> <li>- Basics of metabolism and energy metabolism</li> <li>- UV/Vis and IR spectroscopy</li> </ul>                                     |
| <b>Chemical reaction</b>  |  |
| <b>Proton transfer:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acid-base concept according to Brønsted–Lowry acid–base theory</li> <li>- dissociation constants</li> <li>- pH value calculations of aqueous solutions of acids and bases</li> <li>- Buffer systems</li> </ul>   | <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemistry of aqueous solutions</li> </ul>  |
| <b>Electron transfer:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RedOx reactions</li> <li>- Standard electrode potentials</li> <li>- Calculation of galvanic cell potentials</li> <li>- Electrochemical power sources</li> <li>- Electrolysis</li> <li>- Corrosion</li> <li>- Nernst equation</li> <li>- Faraday's laws of electrolysis</li> <li>- Overpotential</li> </ul> | <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemistry of aqueous solutions</li> <li>- Chemistry of metals</li> </ul> <b>PC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrochemistry</li> </ul>   |

|   |   |
|---|---|
| <b>Reaction mechanisms in organic chemistry:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Radical substitution</li> <li>- Electrophilic addition</li> <li>- Nucleophilic and electrophilic substitution</li> </ul>  | <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selected reaction mechanisms and syntheses</li> <li>- Synthesis and catalysis</li> <li>- Reaction mechanisms and intermediates</li> </ul>   |
| <b>Energetic and kinetic aspects of chemical reactions:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaction rate</li> <li>- Catalysis</li> <li>- First law of thermodynamics</li> <li>- Enthalpy</li> <li>- Hess' law of constant heat summation</li> <li>- Second law of thermodynamics</li> <li>- Entropy</li> <li>- Gibbs free energy</li> <li>- Gibbs-Helmholtz equation</li> </ul> | <b>PC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energy and entropy</li> <li>- Reaction rate and chemical equilibrium (Law of mass action)</li> <li>- Kinetics and dynamics of chemical reactions</li> </ul> <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthesis and catalysis</li> </ul> <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Homogeneous catalysis</li> </ul>                           |
| <b>Equilibrium reactions:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemical equilibrium</li> <li>- Le Chatelier's principle</li> <li>- Law of mass action (<math>K_c</math>)</li> <li>- Solubility equilibrium</li> </ul>   | <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemistry of aqueous solutions</li> </ul> <b>PC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaction rate and equilibrium (MWG)</li> <li>- Kinetics and dynamics of chemical reactions</li> </ul>   |
| <b>Working methods</b>  |   |
| <b>Qualitative analysis:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detection of ions and functional groups</li> <li>- Chromatography</li> </ul>  | <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Methods of analytical chemistry</li> </ul> <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Substance classes, functional groups</li> <li>- UV/Vis and IR spectroscopy</li> </ul>  |
| <b>Quantitative analysis:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acid-base titration</li> <li>- RedOx titration</li> <li>- Instrumental analysis</li> </ul>   | <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Methods of analytical chemistry</li> </ul>  |
| <b>Syntheses:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ester synthesis</li> <li>- Plastic synthesis</li> </ul>  | <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selected reaction mechanisms and syntheses</li> <li>- Synthesis and catalysis</li> </ul>  |
| <b>Living environment and society</b>   |   |
| <b>Current technologies and chemical products:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modern materials</li> <li>- Raw material extraction and processing</li> <li>- Recycling</li> <li>- Nanomaterials</li> <li>- Technical synthesis processes</li> </ul>  | <b>IC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthetic methods/industrial applications</li> <li>- Organometallic chemistry</li> <li>- Bioinorganic chemistry</li> </ul> <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Natural and synthetic macromolecules</li> <li>- Sustainability as a basic principle of chemical research and production</li> <li>- Biopolymers, coenzymes, biomolecules</li> </ul> |
| <b>Economic and ecological aspects of chemistry:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternative energy sources</li> <li>- Recycling</li> <li>- Energy storage</li> <li>- Recycling cycles</li> </ul>  | <b>OC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustainability as a basic principle of chemical research and production</li> </ul> <b>PC:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrochemistry</li> </ul>  |

## Questionnaire for the self-assessment of the preservice teachers' CK.

Personal Code:

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

Please indicate your interest in the respective subject areas of chemistry subject areas (highlighted in grey) and use the following questionnaire to assess your basic knowledge in the individual areas.

|   | very low | low | high | very high |
|---|----------|-----|------|-----------|
| <b>Redox chemistry</b> Interest in topic:   |          |     |      |           |
| Basic knowledge of ion formation<br>(electron affinity, ionisation energy, electronegativity, noble gas configuration, etc.)                                |          |     |      |           |
| Basic knowledge of ion binding and salt formation<br>(ratio formula, ionic crystal, salt formation, inorganic/organic salts, precipitation reactions, etc.) |          |     |      |           |
| Basic knowledge of redox reactions<br>(reduction/oxidation characteristics, setting up (partial) equations, balancing equations, etc.)                      |          |     |      |           |
| Basic knowledge of oxidation numbers<br>(determine, recognise reduction/oxidation, etc.)  |          |     |      |           |
| Basic knowledge of electrochemistry<br>(galvanic cell, electrolysis, galvanisation, electrochemical series, anode/cathode, etc.)                            |          |     |      |           |
| <b>Acid-base chemistry</b> Interest in topic:   |          |     |      |           |
| Basic knowledge of acid/base concepts<br>(Brønsted, Arrhenius, Lewis, etc.)   |          |     |      |           |
| Basic knowledge of acidity<br>(law of mass action, $K_A/K_B$ , $pK_A/pK_B$ , dissociation degree, pH value calculation, etc.)                               |          |     |      |           |
| Basic knowledge of titration<br>(concentration calculation, titration curve, pH indicators, (half) equivalence point, buffer range, etc.)                   |          |     |      |           |
| Basic knowledge of the dissolution process<br>(dissociation, enthalpy of solution, lattice energy, hydration energy, solvation, etc.)                       |          |     |      |           |

## IV.II Anhang Artikel 2

### Supplementary Material

The supplementary material includes the following components:

#### 1. Predefined Keywords for Concept Map Creation

This section contains predefined keywords used to create concept maps on the topics of RedOx- (p. 2) and Acid-Base-Chemistry (p. 3). These were primarily derived from the overlapping content of school and university curricula and supplemented with terms reflecting university-level background knowledge, drawn directly from the content of specialised lectures. As most of the keywords represent overarching concepts rather than isolated facts, and these concepts often have counterparts at both the university and school levels, care was taken to avoid assigning them to specific knowledge domains. Instead, allocation was left to the students, as reflected in the conceptual links they established in their concept maps.

#### 2. Example Concept Maps from one Student Group (Three Participants)

This section documents the stage of iterative concept mapping completed by a group of three students:

- a) Individual concept maps from EG\_23S (p. 4), SM23\_S (p. 5), and ST\_23S (p. 6).
- b) The initial group concept map, created digitally before the plenary discussion (p. 7).
- c) Revisions to the group concept map following the plenary discussion, shown as handwritten annotations (p. 7).

#### 3. Concept Maps from Peer Groups 1 and 2 with Critical Reflections on Concept Mapping (K5)

This section includes concept maps produced by students who critically engaged with the concept mapping process:

- a) Individual concept maps from RB\_22S (p. 8) and MZ\_22S (p. 9), along with their group concept map (p. 10). Notably, MZ\_22S's individual concept map includes only a few keywords and limited, unlabelled links. While RB\_22S's individual concept map is more comprehensive, the resulting group concept map again shows few labelled relationships.
- b) Individual concept maps from AL\_22S (p. 11) and YS\_22S (p. 12), as well as their group concept map (p. 13). Both individual concept maps are content-rich and feature numerous, well-developed concepts with many labelled connections, which are also evident in the final group concept map. However, no significant progression is observable from the individual to the group concept maps.

All concept maps were translated by the authors.

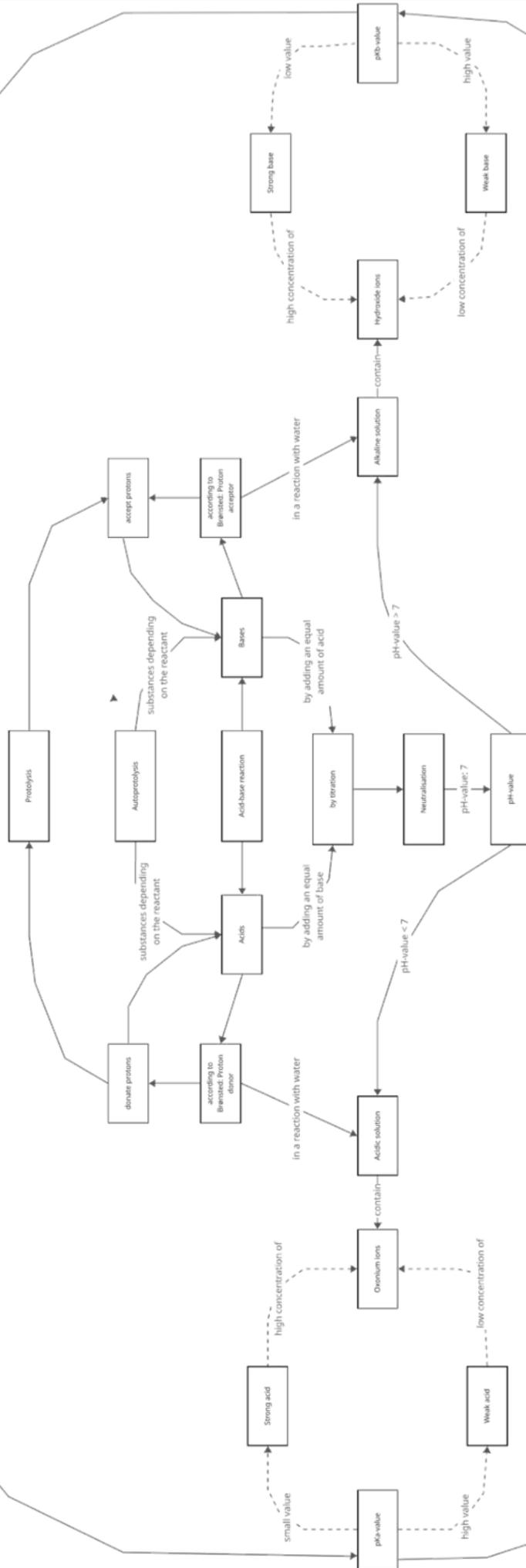
**Keywords – Redox Reactions**

- Bonding tendency
- Noble
- Influencing factors
- Electrochemistry
- Electronegativity
- Electron donation
- Electron affinity
- Electron acceptor
- Electron uptake
- Electron donor
- Electron transfer
- Energetics
- Spontaneous
- Coupled reaction
- Ion formation
- Ionic bond
- Ionisation energy
- Cathode
- Conjugated redox pair
- Irreversible
- Oxidation
- Oxidising agent
- Oxidation number
- Oxide formation reaction
- Potential
- Reaction between metal and metal salt
- Reaction between metal and non-metal
- Redox equilibrium
- Redox potential
- Redox reaction
- Redox series
- Reduction
- Reducing agent
- Salts
- Oxygen release
- Oxygen uptake
- Oxygen transfer
- Electrochemical series
- Driving force
- Reversible
- Base (non-noble)
- Non-spontaneous

**Keywords – Acid-Base Reactions**

- Alkaline
- Equivalence point
- Autoprotolysis
- Bases
- Formation
- Dissociation
- Equilibrium
- Donor-acceptor principle
- Influencing factors
- Energetics
- Coupled reaction
- Hydronium ion
- Hydroxide ion
- Ion
- Ionic product
- Concentration
- Concepts
- Corresponding acid-base pair
- Law of mass action
- $K_B / pK_B$
- $K_A / pK_A$
- Neutral
- Neutralisation
- Oxonium ion
- pH value
- Protolyse (protolysis)
- Protons
- Proton acceptor
- Proton donor
- Acid-base reaction
- Acidic solution
- Acids
- Weak
- Strong
- Titration
- Driving force
- Incomplete
- Complete

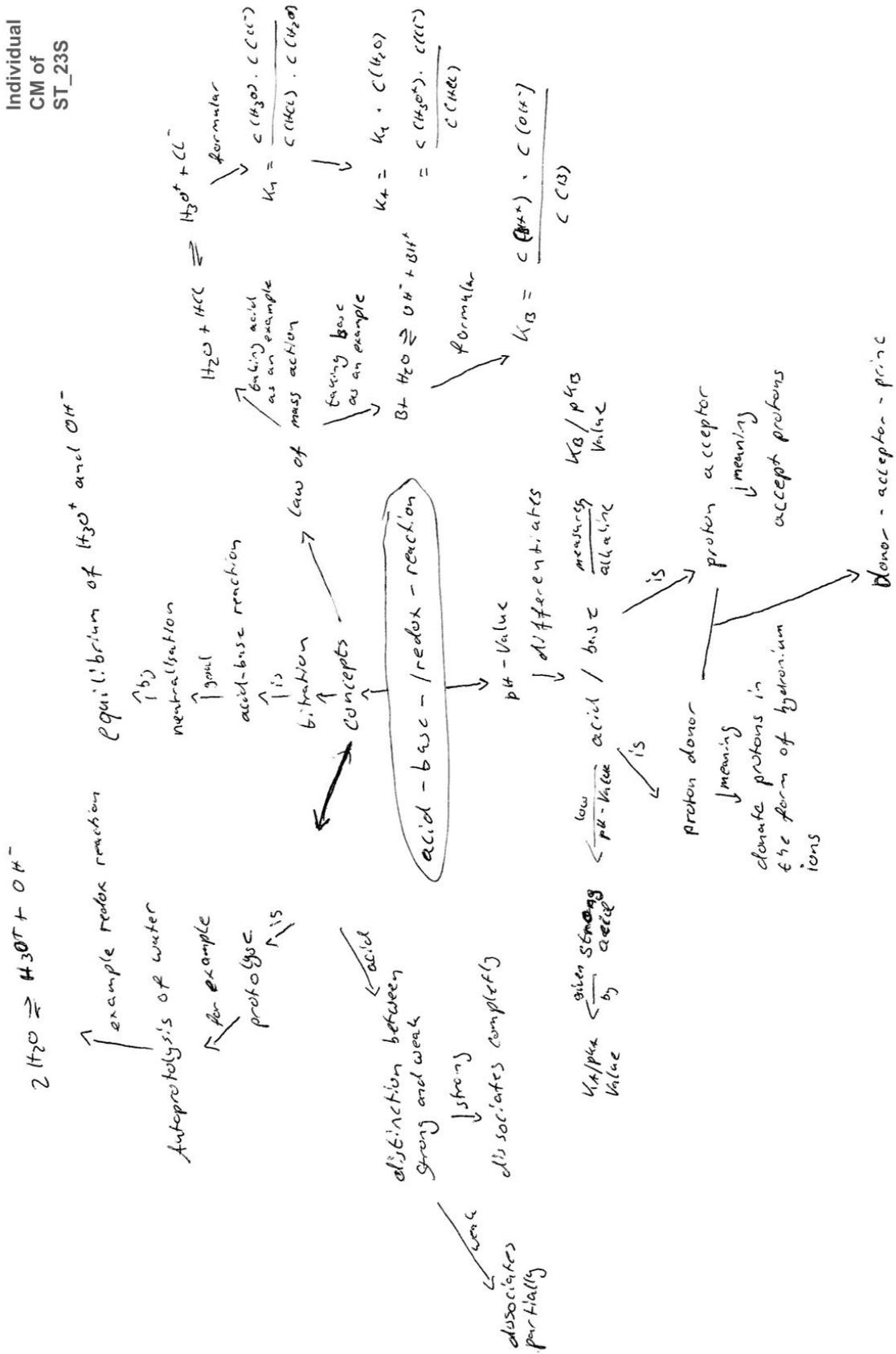
14 -  $pK_b$ -value =  $pK_a$ -value of corresponding acid



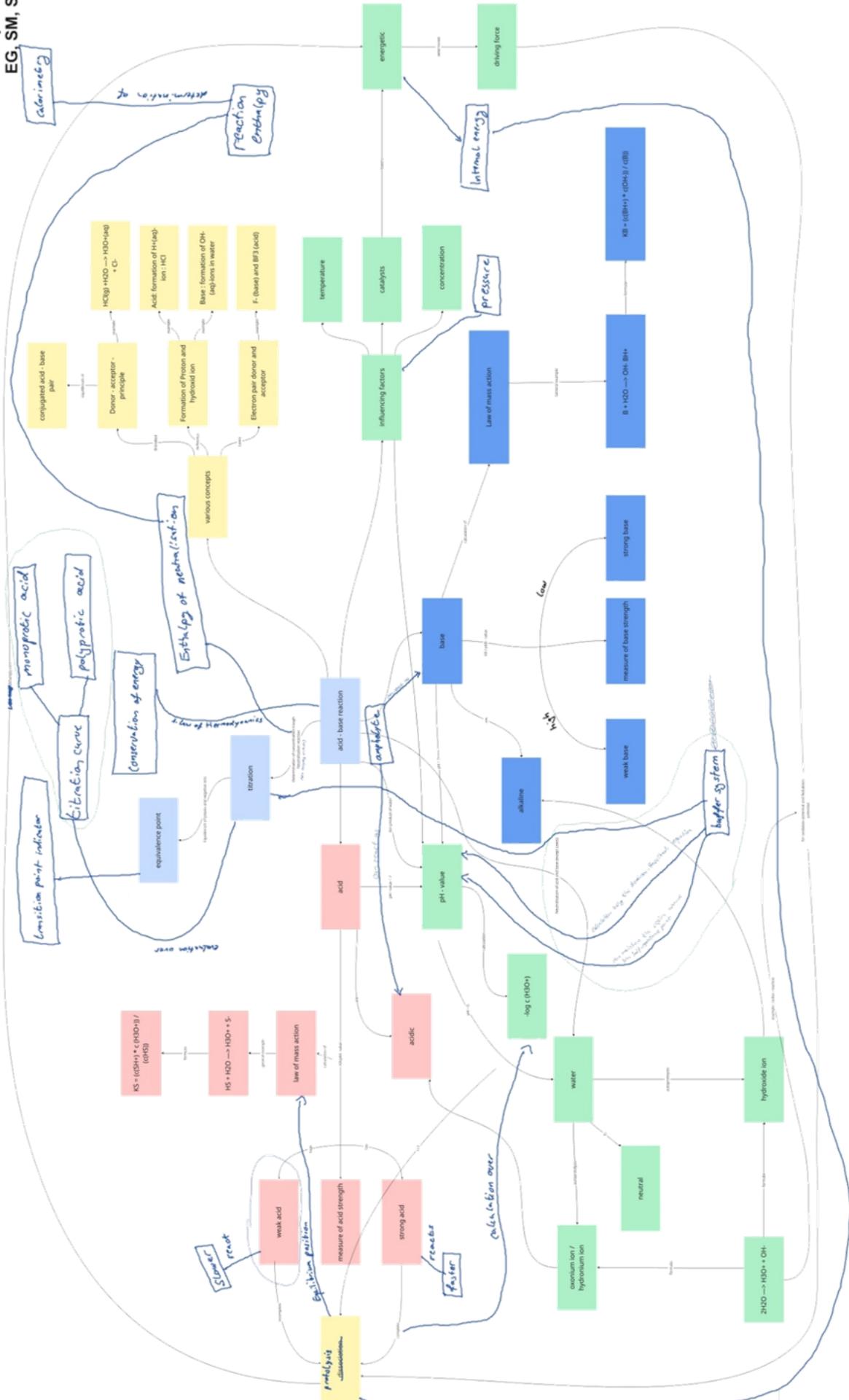
14 -  $pK_b$ -value =  $pK_a$ -value of corresponding base



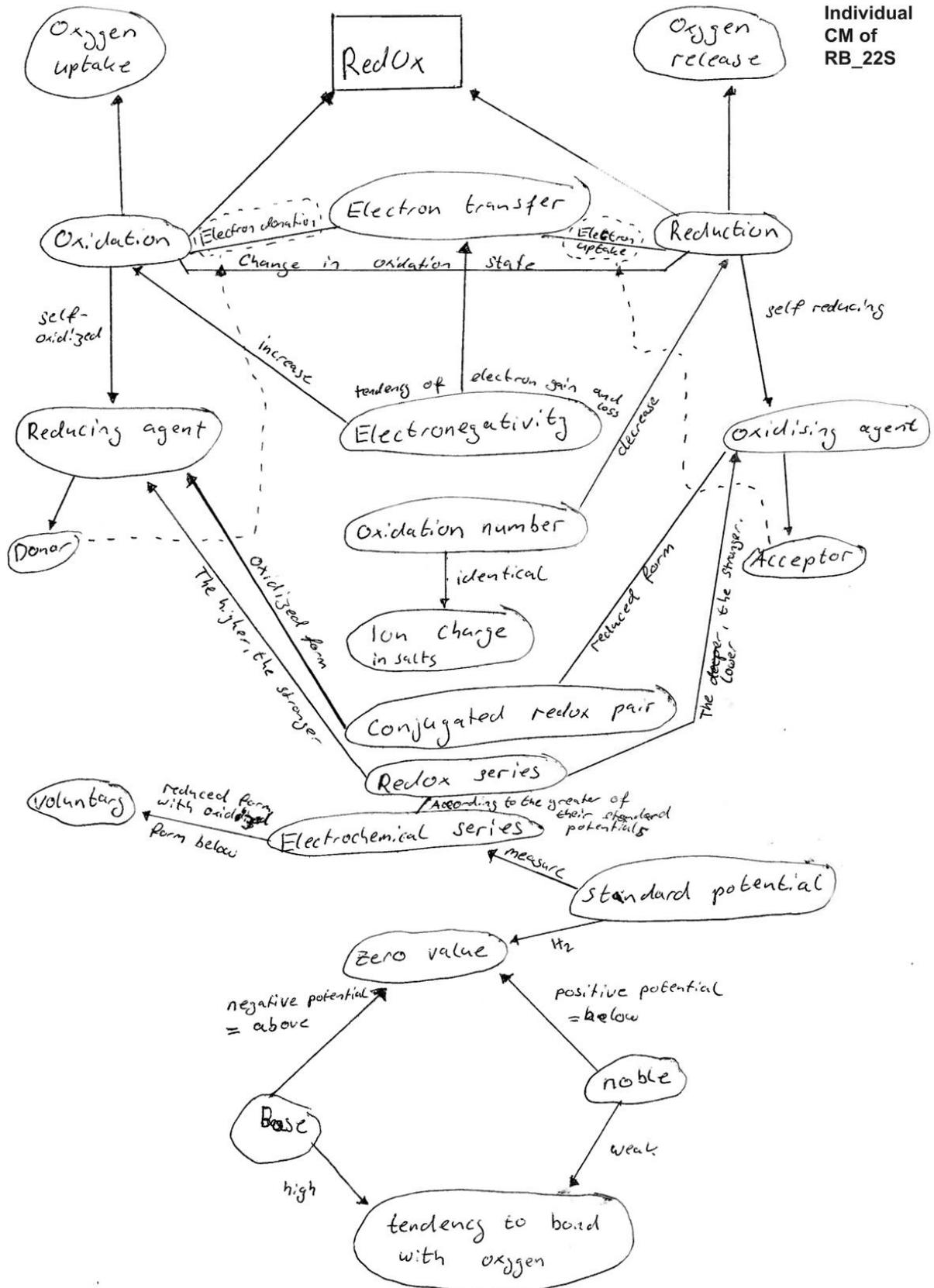
Individual  
CM of  
ST\_23S



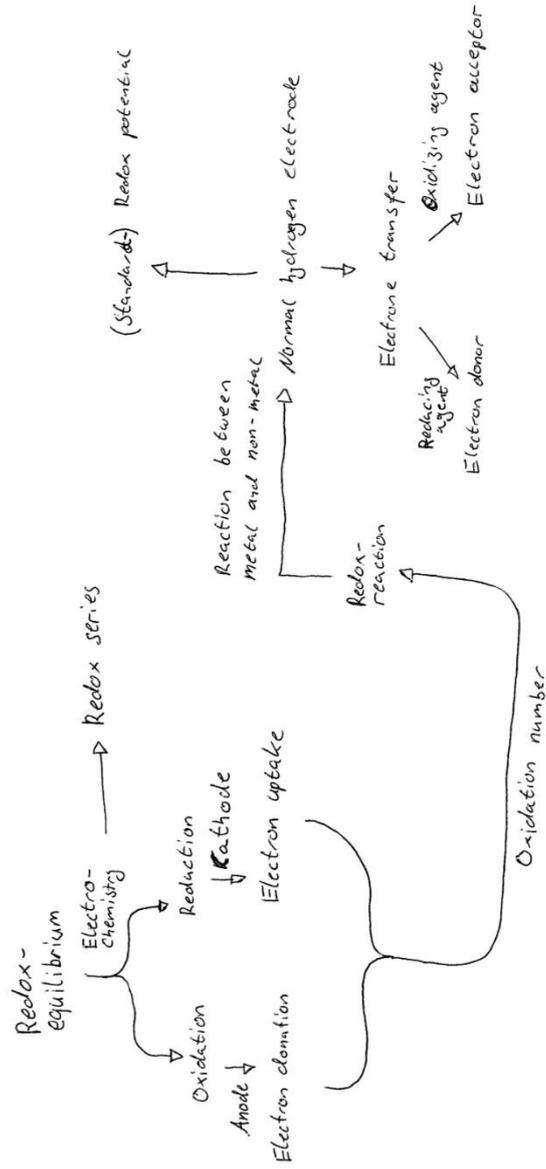
Group CM of  
EG, SM, ST\_23S



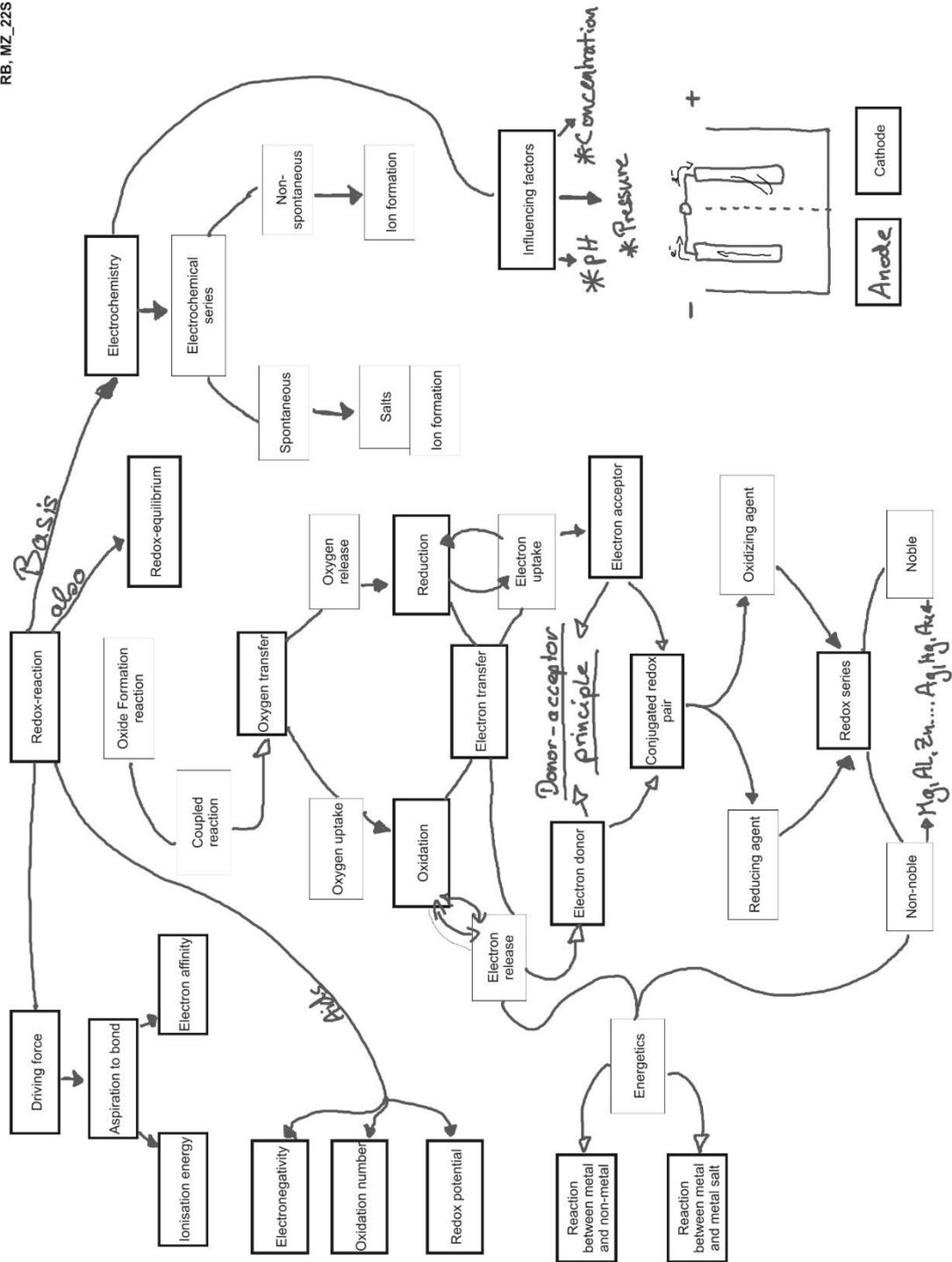
Individual  
CM of  
RB\_22S



Individual  
CM of  
MZ\_22S

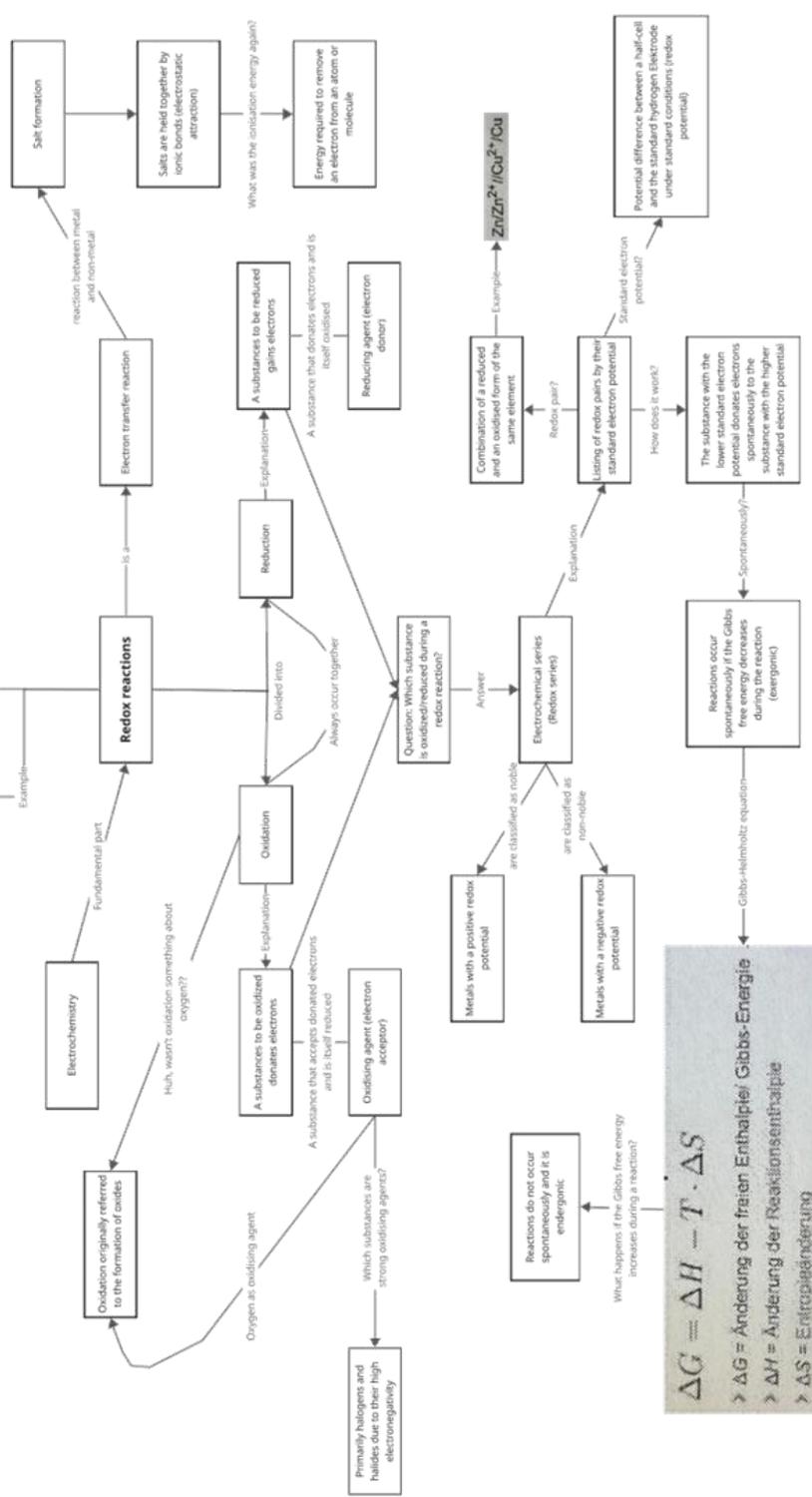
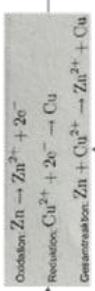
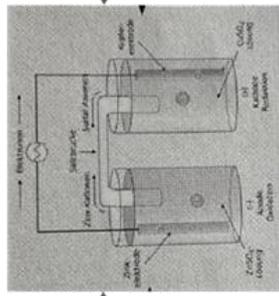


Group CM of  
RB, MZ\_22S





- > Atoms im elementaren Zustand haben immer die Oxidationszahl 0 (0 at. aber auch in Verbindungen möglich).
- > Bei einatomigen Ionen entspricht die Oxidationszahl der Ionenladung.
- > Die Summe der Oxidationszahlen aller Atome einer mehratomigen neutralen Verbindung ist gleich 0.
- > Die Summe der Oxidationszahlen aller Atome eines mehratomigen Ions ist gleich der Gesamtladung dieses Ions.
- > Bei korrekter formulierten Verbindungen (=o generierten Verzeugsformeln, Lewis-Formeln) wird die Verbindung format in Ionen aufgelöst. Dabei wird angenommen, dass die an einer Bindung beteiligten Elektronen vom elektronegativeren Atom vollständig übertrommen werden.
- > Die meisten Elemente können in mehreren Oxidationsstufen auftreten.



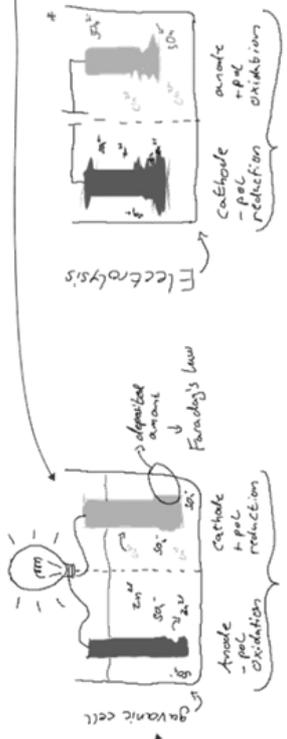
$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

- >  $\Delta G$  = Änderung der freien Enthalpie
- >  $\Delta H$  = Änderung der Reaktionsenthalpie
- >  $\Delta S$  = Entropieänderung

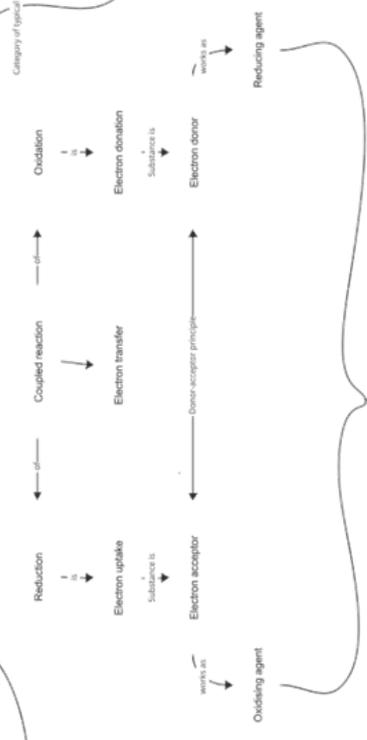
Group CM of AL, YS\_22S



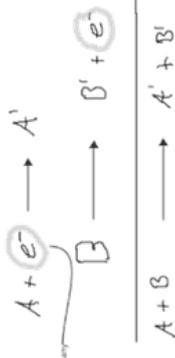
\* "typical metal - nonmetal salt just as well as metal - nonmetal as es standard hydrogen electrode"



# Redox-reaction



→ example of process:



electrochemistry

(part) practical application

reversible to electrolysis

irreversible to electrolysis

Estimation/Prediction of the reduction direction and voltage

reaction between a metal and a metal salt

electrochemical series

redox potential

redox series

electron potential justified

influencing factors

energetics

substance / element dependent

oxidation number

driving force of redox and voltage

aspect of equilibrium

ionization energy

electron affinity

chemical potential

concentration

affects

## IV.III Anhang Artikel 3

Online-Supplement



## Konzeption und Evaluation eines Lehr-/Lern-Moduls zur Kohärenzsteigerung der (universitären) Chemielehrerbildung

Online-Supplement: Aufgabenstellungen und Reflexionsprompts

Niklas Prewitz<sup>1,\*</sup> & Katharina Groß<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Universität zu Köln

\* Kontakt: Universität zu Köln

Institut für Chemiedidaktik

Herbert-Lewin-Straße 2, 50931 Köln

Mail: [niklas.prewitz@uni-koeln.de](mailto:niklas.prewitz@uni-koeln.de), [katharina.gross@uni-koeln.de](mailto:katharina.gross@uni-koeln.de)

**Zitationshinweis:**

Name, . (Jahr). Titel. *HLZ – Herausforderung Lehrer\*innenbildung*. Band (Nr), Seiten.  
<https://doi.org/10.11576/hlz->

Eingereicht: TT.MM.JJJJ / Angenommen: TT.MM.JJJJ / Online verfügbar: TT.MM.JJJJ

ISSN: 2625-0675



Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).  
URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

## 1 Seminarplan

Tabelle 1: Übersicht über die Inhalte der 15 Seminarsitzungen des Lehr-/Lern-Moduls.

| Sitzung | Inhalt  |
|---------|---|
| 1       | Einführung  |
| 2       | Besprechung Einzel-CMs in Kleingruppe                                     |
| 3       | Anfertigung Gruppen-CMs   |
| 4       | Vorstellung Gruppen-CMs im Plenum   |
| 5       | Abstraktion von Basiskonzepten / Anfertigung BK-CM                        |
| 6       | Abstraktion von Basiskonzepten / Anfertigung BK-CM                        |
| 7       | Thematische Einführung OC + Erschließung der neuen Fachinhalte            |
| 8       | Erschließung neuer Fachinhalte + Eingliederung in bestehendes Wissensnetz |
| 9       | Planung MTs   |
| 10      | Planung MTs   |
| 11      | Planung MTs   |
| 12      | Durchführung MT   |
| 13      | Durchführung MT   |
| 14      | Durchführung MT   |
| 15      | Reflexion und Abschluss   |

## 2 Seminarsitzung 1: Einführung

### 2.1 Aufgabenstellung Hausaufgabe

Erstellen Sie in Einzelarbeit eine analoge oder digitale Concept-Map für „ihr“ fachliches Themengebiet!

Nutzen Sie hierfür die vorgegebenen Schlüsselbegriffe und (bei Bedarf) die bereitgestellte Fachliteratur!

Die Schlüsselbegriffe sollen eine Hilfestellung geben, müssen in jedem Fall ergänzt werden, können aber von Ihnen sinngemäß geändert werden.

Die Schlüsselbegriffe können auch im Einzelfall als Pfeilbeschriftung dienen.

### 2.2 Schlüsselbegriffe

#### 2.2.1 Säure-Base-Reaktionen

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Alkalisch                | KB / pKB       |
| Äquivalenzpunkt          | KS / pKS       |
| Autoprotolyse            | Neutral        |
| Basen                    | Neutralisation |
| Bildung                  | Oxonium-Ion    |
| Dissoziation             | pH-Wert        |
| Gleichgewicht            | Protolyse      |
| Donator-Akzeptor-Prinzip | Protonen       |

Prewitz, Groß

3

**Einflussfaktoren****Energetik**

Gekoppelte Reaktion

Hydronium-Ion

Hydroxid-Ion

Ion

Ionenprodukt

Konzentration

Konzentration

Konzepte

Korrespondierendes Säure-Base-Paar

Massenwirkungsgesetz

Protonenakzeptor

Protonendonator

Säure-Base-Reaktion

Saure-Lösung

Säuren

Schwach

Stark

Titration

**Triebkraft**

Unvollständig

Vollständig

## 2.2.2 RedOx-Reaktionen

Bindungsbestreben

Edel

**Einflussfaktoren****Elektrochemie**

Elektronegativität

Elektronenabgabe

Elektronenaffinität

Elektronenakzeptor

Elektronenaufnahme

Elektronendonator

Elektronenübertragung

**Energetik**

Freiwillig

Gekoppelte Reaktion

**Ionenbildung****Ionenbindung**

Ionisierungsenergie

Kathode

Konjugiertes RedOx-Paar

Nicht umkehrbar

Oxidation

Oxidationsmittel

Oxidationszahl

Oxidbildungsreaktion

Potential

Reaktion zw. Metall und Metallsalz

Reaktion zw. Metall und Nichtmetall

RedOx-Gleichgewicht

RedOx-Potential

RedOx-Reaktion

RedOx-Reihe

Reduktion

Reduktionsmittel

**Salze**

Sauerstoffabgabe

Sauerstoffaufnahme

Sauerstoffübertragung

Spannungsreihe

**Triebkraft**

Umkehrbar

Unedel

Unfreiwillig

HLZ (20xx), x (x), X-XX

<https://doi.org/10.11576/hlz->

### 3 Seminarsitzung 2: Besprechung Einzel-CMs

#### 3.1 Aufgabenstellung Seminarsitzung

Stellen Sie jeweils Ihre eigene Concept-Map in der Kleingruppe vor! Stellen Sie jeweils Fragen bei (fachlichen) Unklarheiten!

**Diskutieren Sie intensiv:**

- die ggf. unterschiedliche Herangehensweise an das Thema
- die fachliche Angemessenheit (auch einzelner Verbindungen bzw. Pfeile/Pfeilrichtungen)
- die Vernetzung der einzelnen „Bausteine“ untereinander

Erstellen Sie auf Grundlage Ihrer Diskussionen eine **gemeinsame Concept-Map** zu ihrem Thema!

Wichtig: Pfeile in **begründete Richtung** und möglichst beschriften!

### 4 Seminarsitzung 3 – 4: Gruppen-CMs

#### 4.1 Aufgabenstellung Seminarsitzung

Stellen Sie Ihre Gruppen-CMs fertig.

Bereiten Sie die Präsentation Ihrer Gruppen-CM entsprechend des folgenden Arbeitsauftrages vor:

Vorbereitung der Präsentation:

1. Überlegen Sie, was die zentralen Aspekte sind, die Ihr Themenfeld ausmachen.
2. Überlegen Sie, wie die zentralen Aspekte zueinander in Bezug stehen und was die wichtigen Inhalte innerhalb dieser Aspekte sind.
3. Planen Sie eine strukturierte Präsentation Ihrer CM (nicht das beschreiben, was direkt dargestellt ist, sondern erklären, wie diese Strukturierungen zustande kommen => Übergeordnete Idee der Anordnung).
4. Fokussieren Sie bei der Präsentation der CM vor allem die Erklärungsebene (Warum ist etwas so?).

Während der Präsentation:

1. Folgen Sie der Präsentation aktiv und versuchen Sie die Vernetzung nachzuvollziehen.
2. Notieren Sie sich konkrete Nachfragen und Unklarheiten sowohl zu inhaltlichen Aspekten als auch zur Vernetzung.

Nach der Präsentation:

1. Überarbeiten Sie basierend aus den Diskussionsergebnissen Ihre CM.
3. Ordnen Sie die Kompetenzen (insbesondere Umgang mit Fachwissen), die im KLP Chemie Sek II für Ihr Themenfeld angegeben werden, begründet in die CM ein und führen Sie sich vor Augen, in welchem Gesamtkontext diese in der CM stehen.

#### 4.2 Reflexionsprompts

1. Reflektieren Sie die Erstellung der Concept-Maps!
  - a. Erklären Sie ihre **eigene CM** und stellen Sie dar, welche Herausforderungen bei der Erstellung aufgetreten sind!
  - b. Stellen Sie ihre **gemeinsame CM** dar und erklären Sie diese! Beschreiben und reflektieren Sie dann den Prozess der Erstellung in Bezug auf

Ihren eigenen (fachlichen) Erkenntnisgewinn (u.a. Welche neuen (fachlichen) Erkenntnisse nehmen Sie mit? Worüber haben Sie besonders diskutiert und was ist Ihnen dadurch klar geworden? Wie schwierig/einfach war es, einen gemeinsamen Nenner zu finden? Wo lagen Unterschiede? Wie waren Ihre verschiedenen Herangehensweisen an das Thema? Worauf führen Sie diese Unterschiede zurück?)

2. Legen Sie Ihren persönlichen **fachlichen** Erkenntnisgewinn durch die eigene und die gemeinsame Erstellung bzw. Bearbeitung der CM dar (u.a. Vernetzung des eigenen Wissens)!
3. Auf Grundlage Ihrer Erkenntnis zu 1. und 2.:  
Reflektieren Sie Ihre eigene Selbsteinschätzung bzgl. Ihrer Kenntnisse zu Ihrem fachlichen Themengebiet und bewerten Sie diese hinsichtlich folgender Aspekte: War meine Einschätzung zutreffend? Was passte, was passte weniger? Wo haben sich fachliche Lücken gezeigt? Wie sieht es mit meinem vernetzten fachlichen Wissen aus? Würde ich mich auf Grund der Erfahrungen aus den CMs jetzt anders einschätzen? Wenn ja, warum und wie?

## 5 Seminarsitzung 5: Basiskonzepte

### 5.1 Aufgabenstellung Seminarsitzung

Arbeiten Sie sich differenziert in die Basiskonzepte der Chemie ein (Materialien: KLP Chemie Sek I und Sek II & QUA-LiS Information Basiskonzepte).

Ordnen Sie passende Bereiche Ihrer Gruppen-CM den verschiedenen Basiskonzepten begründet zu.

Erstellen Sie eine nach den Basiskonzepten strukturierte Concept-Map, die beide Themenfelder aufgreift und über Gemeinsamkeiten vernetzt.

## 6 Seminarsitzung 6: Basiskonzepte

### 6.1 Aufgabenstellung Sitzungseinheit

Stellen Sie Ihre BK-CM fertig und bereiten Sie sich darauf vor, diese im Plenum zu präsentieren.

### 6.2 Reflexionsprompts

1. Diskutieren und reflektieren Sie auf Grundlage letzten beiden Sitzungen: Welchen Mehrwert bieten Ihnen die Kenntnis über sowie das Verständnis der Zusammenhänge durch die Basiskonzepte als (zukünftige) Chemielehrer:innen?
2. Schätzen Sie ein und reflektieren Sie ihr konzeptionelles Fachverständnis über die zwei behandelten Themenbereiche sowie übergeordnet zwischen den Themenbereichen (siehe BK und Vernetzung).  
Stellen Sie Vorher – Nachher Vergleiche an und untermauern Sie ihre Einschätzung mit konkreten Beispielen.
3. Denken Sie über die bisherigen Sitzungen nach und ziehen Sie ein Fazit zu
  - a. ihrem persönlichen fachlichen Erkenntnisgewinn.
  - b. ihren (weiterhin vorhandenen oder neu hinzugekommenen) Herausforderungen in bzw. mit den zwei Themengebieten und deren Vernetzung untereinander.

### 6.3 Aufgabenstellung Hausaufgabe

Lesen Sie die zwei Grundlagenpaper zu Ihrem jeweiligen Thema.  
Markieren Sie ggf. Unklarheiten und formulieren Sie Verständnisfragen.  
Arbeiten Sie sich ggf. noch einmal in die notwendigen fachinhaltlichen Grundlagen aus der organischen Chemie ein.

## 7 Seminarsitzung 7 – 8: Erschließung neuer Fachinhalte

### 7.1 Aufgabenstellung Sitzungseinheit

Erarbeitung eines neuen Fachinhalts:

- Klären Sie in Ihrer Gruppe offene Fragen, die bei der Einarbeitung in das neue Thema aufgekommen sind.
- Sammeln Sie die Fragen, die weiterhin offen bleiben in einem eigenen Dokument, welches im Anschluss zur Klärung an die jeweiligen Fachexperten geschickt werden kann.
- Ggf.: Erstellen Sie eine CM, die die Fachinhalte des neuen Themenfeldes vernetzt darstellt und notwendiges Grundlagenwissen einschließt.

## 8 Seminarsitzung 9

### 8.1 Vorgaben MT-Planung

Planen Sie eine MT-Einheit (Dauer 1 h), welche darauf ausgelegt ist, **Ihren Kommilitonen** den neuen Fachinhalt vernetzt zu vermitteln.

Dabei gelten folgende Rahmenbedingungen:

- Jede MT-Einheit soll – soweit möglich – 3 Bereiche abdecken:
  1. Einführung in das Forschungsfeld: Was wird hier gemacht? Welche konkreten Möglichkeiten der Umsetzung sind etabliert? Warum ist diese Forschungsfeld bedeutsam?
  2. Vorstellung der konkreten Forschung: Wie wird an das unter 1.) aufgezeigte Problem herangegangen? Wie wird die Lösung umgesetzt?
  3. Anwendung: Was ist der Mehrwert? Was macht die Produkte besser als etablierte? Wie und wo finden die Ergebnisse Anwendung?
- Die MT-Einheit muss eine mindestens 30-minütige Instruktions- sowie eine aktivierende Konstruktionsphase enthalten.

## 9 Seminarsitzungen 12 – 14

### 9.1 Ablauf MT-Sitzungen

| Dauer      | Was tun die Referenten?                               | Was tut das Auditorium?                                    |
|------------|---|--|
| 10 min.    | Vorbereitung der MT-Einheit<br><i>Rolle: Lehrende</i> | Lesen des Stundenentwurfs<br><i>Rolle: „Fachleiter:in“</i> |
| 45-60 min. | Durchführung der MT-Einheit<br><i>Rolle: Lehrende</i> | <i>Rolle: Lernende</i>                                     |

|            |  |   |
|------------|--|---|
| 30 min.    | Nachbereitung der Durchführung:<br>Selbstreflexion und Statement vorbereiten<br><i>Rolle: Lehrende</i> | Feedback<br>Austausch über Grundkonzept*<br>Feedbackbogen ausfüllen<br><i>Rolle: „Fachleiter:in“</i>    |
| 10-20 min. | Statement (max. 5 min; wichtigsten Punkte)<br>(Mitschreiben des Feedbacks!)<br><i>Rolle: Lehrende</i>  | Feedback an Lehrende (Blitzlicht)<br>Empfehlungen/Alternativvorschläge<br><i>Rolle: „Fachleiter:in“</i> |

\* Leitfragen:

- Inwiefern findet sich ein (expliziter) Bezug zum Forschungsthema? (Passung MT-Einheit – übergeordnetes Thema)
- Inwiefern wurde die MT-Einheit auf Studierendenniveau geplant und durchgeführt? Welchen fachlichen Wissenszuwachs hatte ich als Lernender? (Passung MT-Einheit – Zielgruppe)

### 9.2 Feedbackbogen MT-Sitzungen

1. Fachliche Klärung:  
Beurteilen Sie, ob das angestrebte fachliche Ziel mittels der MT-Einheit erreicht wurde.
2. Lernerperspektive:  
Beurteilen Sie, ob die Planung a) die Lernausgangslage der Studierenden ausreichend berücksichtigt und b) inwiefern diese angemessen adressiert wird. (*Inwiefern wird ein fachlicher Lernzuwachs erreicht? – an Indikatoren festmachen!*)
3. Didaktische Strukturierung:  
Bewerten Sie die MT-Einheit hinsichtlich ihrer Stringenz und der inhaltlichen Korrektheit. (*Zusammenführung der fachlichen Lernziele mit der Lernerperspektive.*)
4. ggf: Öffnungsgrad des Experiments:  
Bewerten Sie, ob der gewählte Öffnungsgrad dem fachlichen Lernziel und der Lernausgangslage der S:S gerecht wird.
5. Sonstiges

### 9.3 Reflexionsbogen MT-Sitzungen

1. Grundintention (fachliche Perspektive)
  - Reflexion der zentralen Zielvorstellungen (Lernziel) im Hinblick auf den Lernzuwachs

| Planungsziel | Praxiserfahrung (Indikatoren) | Reflexion/Bewertung (mögl. Alternativen) |
|--------------|-------------------------------|--|
|              |                               |  |

- Wertung des Unterrichtserfolges: Abgleich zwischen Planung und Durchführung

| Planungsziel | Praxiserfahrung (Indikatoren) | Reflexion/Bewertung (mögl. Alternativen) |
|--------------|-------------------------------|--|
|              |                               |  |

Prewitz, Groß

8

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

## 2. Lernprozesse (fachdidaktische Perspektive)

- Beurteilung der Funktionalität einzelner Entscheidungen (Unterrichtsgegenstand, Phasierung, Aufgaben, Methoden, Materialien, Medien, etc.)  
*Gehen Sie möglichst auf alle genannten Unterpunkte ein.*

| Planungsziel | Praxiserfahrung (Indikatoren) | Reflexion/Bewertung (mögl. Alternativen) |
|--------------|-------------------------------|--|
|              |                               |  |

- Wertung der Qualität des Lernens (Lernertrag, Anforderungsbereiche, Transparenz, Selbstständigkeit, Binnendifferenzierung, etc.)  
*Gehen Sie möglichst auf alle genannten Unterpunkte ein.*

| Planungsziel | Praxiserfahrung (Indikatoren) | Reflexion/Bewertung (mögl. Alternativen) |
|--------------|-------------------------------|--|
|              |                               |  |

## 3. Lehrer-Lerner-Interaktion

- Reflexion der Interaktion mit der Lerngruppe

| Planungsziel | Praxiserfahrung (Indikatoren) | Reflexion/Bewertung (mögl. Alternativen) |
|--------------|-------------------------------|--|
|              |                               |  |

## 4. ggf: Experimentelle Umsetzung

- Bewertung des gewählten Öffnungsgrades des Experiments hinsichtlich der Passung zur Lernausgangslage und der Erreichung des Lernziels.

| Planungsziel | Praxiserfahrung (Indikatoren) | Reflexion/Bewertung (mögl. Alternativen) |
|--------------|-------------------------------|--|
|              |                               |  |

## 5. Fazit und Ausblick (Selbstreflexion der Lehrerrolle)

- Zusammenfassende Diagnose des eigenen Lernstandes (Fachlich und fachdidaktisch)

|  |
|--|
|  |
|--|

- Darlegung möglicher Schwerpunkte der Weiterentwicklung.

|  |
|--|
|  |
|--|

## 6. Weitere Gedanken

|  |
|--|
|  |
|--|

#### 9.4 Reflexionsprompts

1. Sammeln Sie alle ihre Aufzeichnungen im Portfolio.
2. Jede MT-Einheit wird einzeln diskutiert und reflektiert.
3. Leitfragen für den jeweiligen Portfolieintrag:
  - a. Als Lehrender
    - Reflektieren Sie den Erfolg Ihrer Umsetzung der geplanten MT-Einheit auf Basis ihrer eigenen Erfahrungen (Hilfestellung: Selbstreflexion nach MT-Einheit) und mit Hilfe der mündlichen Statements durch die Lernenden.
  - b. Als „Fachleiter:in“ und Lernender
    - Diskutieren, Bewerten und Reflektieren Sie aus Ihrer Sicht als Lernender die MT-Einheit!
    - Diskutieren, Bewerten und Reflektieren Sie aus Ihrer Sicht als „Fachleiter:in“ die MT-Einheit!

### 10 Sitzung 15

#### 10.1 Reflexionsprompts

Lesen Sie sich zum Abschluss Ihr Portfolio noch einmal aufmerksam durch. Kommentieren Sie retrospektivisch bei Bedarf Ihre Ausführungen (farblich erkennbar): Bspw. was würden Sie auf Grund Ihres im Seminar erworbenen Wissens nun ggf. anders machen?

## Teilpublikationen

### Tagungsbandbeiträge

- Prewitz, N. & Groß, K. (2023). Chemie vernetzt und fachdidaktisch aufbereitet - Ein Lernmodul für Studierende. In H. van Vorst (Vorsitz), *Jahrestagung 2022*. Symposium im Rahmen der Tagung von GDPC, Aachen. <https://gdcp-ev.de/tagungsbaende/tagungsband-2023-band-43/>
- Prewitz, N. & Groß, K. (2024). Förderung des professionsrelevanten Fachwissens angehender Chemielehrender. In H. van Vorst (Vorsitz), *Jahrestagung 2023*. Symposium im Rahmen der Tagung von GDPC, Hamburg. [https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/G22\\_Prewitz.pdf](https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/G22_Prewitz.pdf)
- Prewitz, N. & Groß, K. (2025, eingereicht). Professionsrelevantes Fachwissen - Von der Theorie in die Praxis. In H. van Vorst (Vorsitz), *Jahrestagung 2024*. Symposium im Rahmen der Tagung von GDPC, Bochum.

### Publizierte Artikel

- Prewitz, N. & Groß, K. (2025). The Importance of a Horizontal Interlinking Dimension in Content Knowledge for Chemistry Teacher Education. *Journal of Chemical Education*, 102(8), 3197–3206. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01017>

### Zur Publikation eingereichte Artikel

- Prewitz, N. & Groß, K. (2025a, eingereicht). Design and Evaluation of an Iterative Concept Mapping Approach to Foster the Interlinking of University-Acquired Chemistry Content Knowledge for School Teaching. *Chem. Educ. Res. Pract.*
- Prewitz, N. & Groß, K. (2025b, eingereicht). Konzeption und Evaluation eines Lehr-/ Lern-Moduls zur Kohärenzsteigerung der (universitären) Chemielehrerbildung. *HLZ*.