

**Wie kann die Teilhabe von Lernenden  
im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim  
physikalischen Experimentieren optimiert werden? —  
(Weiter-)Entwicklung von Gestaltungsprinzipien  
für eBooks**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

vorgelegt von

Hannah Theresa Weck

aus Dortmund

---

Berichterstatter: Prof. Dr. André Bresges  
(Gutachter) Jun.-Prof.‘ Dr.‘ Silvia Fränkel  
Prof.‘ Dr.‘ Conny Melzer

Tag der mündlichen Prüfung: 03.11.2023

*»[P]articipation also involves being recognised for oneself  
and being accepted for oneself.  
I participate with you,  
when you recognise me as a person like yourself,  
and accept me for who I am.«*

(Booth, 2013, S. 2)

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei allen bedanken, die mich beruflich und privat während meiner Promotion unterstützt und begleitet haben:

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater und Erstgutachter, *Prof. Dr. André Bresges*, der mich kompetent beraten und betreut hat. Er hat mir kontinuierlich fachliche Anregungen, neue Denkanstöße sowie gewinnbringende Ideen gegeben, insbesondere in Bezug auf die physikdidaktischen Aspekte und den Design-Based-Research-Ansatz. Hilfreich war, dass er mir für die Ausrichtung meiner Arbeit viele Freiheiten gelassen hat.

Bei meiner Doktormutter, Zweitbetreuerin und Drittgutachterin, *Prof. Dr. Conny Melzer*, möchte ich mich für die kritisch-konstruktiven Rückmeldungen und die zahlreichen wichtigen Impulse, insbesondere aus der sonderpädagogischen Sicht, bedanken. Ihre ermutigenden Worte zu den richtigen Zeitpunkten und ihr offenes Ohr in schwierigen und herausfordernden Momenten waren außerordentlich förderlich.

Außerdem gilt mein Dank *Jun.-Prof. Dr. Silvia Fränkel* für ihre Bereitschaft, kurzfristig als Zweitgutachterin tätig zu sein. Ebenso hat *Prof. Dr. Benjamin Rott* ganz selbstverständlich den Vorsitz bei der Disputation mit allen verbundenen Rechten und Pflichten übernommen.

Als außerordentlich gewinnbringend für den Entstehungsprozess meiner Arbeit habe ich zudem die konstruktive Reflexion im gemeinsamen Forschungskolloquium von *Prof. Dr. Petra Hanke* und *Prof. Dr. Conny Melzer* erlebt. Insbesondere die kritischen Diskussionen bei meinen Vorträgen haben dem Forschungsprojekt neue Denkrichtungen gegeben. Darüber hinaus habe ich durch die anderen Vorträge die Möglichkeit erhalten, meinen wissenschaftlichen Blick für andere Forschungsbereiche zu öffnen und so neue Inspirationen für meine eigene Arbeit zu erhalten.

Des Weiteren bedanke ich mich bei allen Mitgliedern des *Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU)*. Insbesondere durch das verknüpfte Denken der sonderpädagogischen mit der naturwissenschaftlichen Perspektive war es mir möglich, meine Arbeit in fruchtbarer Weise weiterentwickeln zu können.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meinen (ehemaligen) Kolleg\*innen aus dem Projekt *Zukunftsstrategie Lehrer\*innenbildung (ZuS)* und der Arbeitsgruppe von *Prof. Dr. Inge Schwank* für die positive Arbeitsatmosphäre, die fachliche, aber auch emotionale und moralische Unterstützung bedanken. Mir hat sehr geholfen, dass sie meine Arbeit kapitelweise

korrektur gelesen haben sowie stets für Nachfragen zur Verfügung standen. Ein besonderer Dank gilt *Dr. René Foellmer*, mit dem ich mich stets fachlich austauschen konnte und der mir Abbildungen für Arbeitsmaterialien zur Verfügung gestellt hat.

Bei allen beteiligten *Lehrkräften*, *Schulleitungen* und insbesondere den *Lernenden* bedanke ich mich ganz herzlich für ihre Aufgeschlossenheit meinem Forschungsprojekt gegenüber. Ohne deren Mitwirken wäre dieses nicht realisierbar gewesen. Dabei haben die kritisch-konstruktiven Anmerkungen der Lehrkräfte maßgeblich zur Weiterentwicklung beigetragen.

Ein besonderer Dank gilt meinen *Eltern*, die immer an mich glaubten, mich stets moralisch unterstützten, mir in stressigeren Phasen meines Lebens eine unglaubliche Stütze waren und immer für mich da sind. Damit haben sie, und insbesondere meine *Mutter*, maßgeblich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Meinen *Freund\*innen* und *Bekannt*en rechne ich hoch an, dass sie Interesse an meiner Arbeit gezeigt haben, Verständnis für arbeitsintensive Phasen hatten, in denen meine Freizeit knapp bemessen war, für gelungene Ablenkung sorgten und für mich uneigennützig da waren. Besonders danke ich denjenigen, die in der Endphase Teile meiner Dissertation gelesen bzw. mich in unterschiedlicher Form bei der Fertigstellung unterstützt haben.

Köln, den 10.08.2023

Hannah Weck



## Zusammenfassung

In einer naturwissenschaftlich geprägten Gesellschaft stellt Teilhabe derzeit und zukünftig einen elementaren Faktor dar. Zur Teilhabe zählen: naturwissenschaftliche Fragestellungen zu erkennen, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden und Schlussfolgerungen zur Entscheidungsfindung zu treffen. Theoretische und praktische Kenntnisse naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen, wie das Experimentieren, sind dafür essenzielle Voraussetzungen. Dementsprechend hat ein inklusiver (Naturwissenschafts-)Unterricht die explizite Aufgabe, eine Teilhabe für alle Lernenden zu ermöglichen. Diese Forderung ist infolge der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention noch stärker in den Fokus gerückt. Es wurden bereits erste Schritte eingeleitet, die eine gleichberechtigte Teilhabe an und durch naturwissenschaftliche Bildung für alle Lernenden realisieren sollen.

Da die Thematik *Physikunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung* bisher stiefmütterlich behandelt wurde – es gibt nur marginale wissenschaftliche und praktische Beiträge dazu –, stellt sich die Frage, ob die Forderung nach einer Teilhabe für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung bislang reine Makulatur ist. Um möglichst vielen von ihnen eine Teilhabe am Physikunterricht – und damit an einer naturwissenschaftlich geprägten Gesellschaft – zu ermöglichen, ist es daher längst überfällig, die Zugangsmöglichkeiten für sie zu optimieren. Dies kann nur durch eine Vernetzung gelingen.

Die vorliegende Arbeit nimmt sich dieser Aufgaben an. Im Sinne des Design-Based Research-Ansatzes werden theoretisch und empirisch fundiert Gestaltungsprinzipien zum physikalischen Experimentieren im Bildungshang Geistige Entwicklung erarbeitet und interdisziplinär verknüpft. Darüber hinaus fließen Forschungsergebnisse zu den Themen *Teilhabe im Unterricht*, *Forschendes Lernen*, *Cognitive Load Theory*, *barrierearmer Unterrichtsgestaltung*, *sprachsensible Vermittlung von Bildungsinhalten*, *Einsatz von Tablets und eBooks im Unterricht* sowie *Gestaltung von digitalen Bildungsinhalten* ein.

Die Gestaltungsprinzipien werden iterativ in Form von eBooks umgesetzt und im Rahmen eines Lehr-Lern-Arrangement in zwei Mesozyklen mit je fünf Mikrozyklen erprobt, evaluiert, optimiert und (weiter-)entwickelt, um der Zielgruppe zu intensiverer und sinnvoll erlebter Teilhabe zu verhelfen. Diese Arbeit zielt, im Sinne des Design-Based Research-Ansatz, sowohl auf einen praktischen Output ab, d.h. auf die (Weiter-)Entwicklung eines konkreten Lehr-Lern-Arrangement mit Unterrichtsmaterialien, als auch auf die Formulierung *lokaler Theorien*, die eine Anschlussfähigkeit aufweisen.

In dieser Arbeit konnte nachgewiesen werden, dass eine Teilhabe am experimentellen Physikunterricht problemlos mit eBooks gelingen kann, wenn die Materialien bedarfsgerecht präsentiert werden. Damit wird langfristig ein Beitrag zur *Scientific Literacy* geleistet. Der Fokus der Unterrichtsplanung, insbesondere die Gestaltung der eBooks, muss dafür auf den schülerspezifischen Bedürfnissen von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung liegen. Es hat sich gezeigt, dass diese Lernenden unterschiedliche Bedarfe einer barrierearmen und zugänglichen Gestaltung von eBooks benötigen. Deshalb ist es erforderlich, die Umsetzung der Gestaltungsprinzipien, auch im Hinblick auf eine inklusive Beschulung, sowohl für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung als auch für andere Diversitätsdimensionen weiterzuentwickeln, indem gezielt Variablen wie z.B. Personenmerkmale, -eigenschaften, Unterrichtssituationen, -thema oder -fach verändert werden. Durch den zukünftigen Einsatz der entwickelten Gestaltungsprinzipien in der Unterrichtspraxis und in weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen können die in dieser Arbeit entstandenen *lokalen Theorien* generalisiert werden.

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Danksagung</b> .....   | <b>3</b>  |
| <b>Zusammenfassung</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>Inhaltsverzeichnis</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>1 Einleitung</b> .....   | <b>17</b> |
| 1.1 Ziel der Arbeit.....  | 18        |
| 1.2 Aufbau der Arbeit .....   | 19        |
| <b>2 Design-Based-Research (DBR)</b> .....                                | <b>21</b> |
| 2.1 Grund für die Wahl des Design-Based-Research-Ansatzes.....            | 21        |
| 2.2 Begriffsbestimmung.....   | 23        |
| 2.3 Design-Based-Research in der Schulpraxis .....                        | 24        |
| 2.4 Charakteristika des DBR.....  | 25        |
| 2.5 Ablauf des DBR.....   | 28        |
| 2.5.1 Vorbereitung und Entwicklung einer Intervention (Abschn. I).....    | 29        |
| 2.5.2 Erprobung der Intervention (Abschn. II).....                        | 31        |
| 2.5.3 Evaluierung der Intervention (Abschn. III).....                     | 33        |
| 2.6 Forschungsmethode(n) beim DBR.....                                    | 34        |
| 2.7 Methodisches Vorgehen in der vorliegenden Arbeit .....                | 36        |
| <b>I Abschnitt: Vorbereitung und Entwicklung einer Intervention</b> ..... | <b>38</b> |
| <b>3 Teilhabe: ein universelles Menschenrecht</b> .....                   | <b>39</b> |
| 3.1 Behinderung, Beeinträchtigung und Teilhabe im Sinne der UN-BRK.....   | 39        |
| 3.2 Teilhabe – Teilnahme – Teilgabe.....                                  | 43        |
| 3.3 Teilhabe im Unterricht.....   | 46        |
| 3.4 Praxisrelevante Fragen und Problemstellungen.....                     | 48        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>4</b> | <b>Unterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....</b>                         | <b>50</b> |
| 4.1      | Begründung des gewählten Bildungsgangs .....  | 51        |
| 4.2      | Definition des Begriffs kognitive Beeinträchtigung .....  | 52        |
| 4.2.1    | International anerkannte Sicht .....  | 54        |
| 4.2.2    | Exkurs: Menschen mit Komplexen Beeinträchtigungen .....   | 56        |
| 4.2.3    | Pädagogische Sicht .....  | 58        |
| 4.2.4    | Lernpsychologische Sicht .....  | 60        |
| 4.2.5    | Exkurs: Cognitive Load Theory .....   | 61        |
| 4.3      | Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....   | 63        |
| 4.3.1    | Lehrpläne im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....  | 64        |
| 4.3.2    | Unterricht im Sinne individueller Entwicklungs- und Handlungsniveaus .....                        | 65        |
| 4.3.3    | Unterrichtsprinzipien im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....                                  | 68        |
| 4.3.4    | Leistungsbewertung im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....                                     | 82        |
| 4.4      | Schlussfolgerung: Gestaltungsprinzipien für den Bildungsgang Geistige Entwicklung .....           | 82        |
| <b>5</b> | <b>Physikdidaktik .....</b>   | <b>85</b> |
| 5.1      | Teilhabe an und durch Naturwissenschaften und deren spezifische Arbeits- und Denkweisen .....     | 86        |
| 5.2      | Scientific Literacy .....   | 87        |
| 5.3      | Bildungsstandards im Physikunterricht .....   | 90        |
| 5.4      | Experimente – eine naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweise .....                            | 92        |
| 5.4.1    | Experimente in Wissenschaft und Schule .....  | 94        |
| 5.4.2    | Klassifikationen physikalischer Experimente im Unterricht .....                                   | 95        |
| 5.4.3    | Weg der Erkenntnisgewinnung beim Experiment .....   | 96        |
| 5.4.4    | Experimentelle Kompetenz .....  | 98        |
| 5.4.5    | Forschendes Lernen .....  | 101       |
| 5.5      | Unterrichtsprinzipien der Physikdidaktik .....  | 102       |
| 5.5.1    | Prinzip der Elementarisierung .....   | 103       |
| 5.5.2    | Prinzip der Strukturierung .....  | 104       |
| 5.5.3    | Prinzip der Schrift- und Sprachsensibilität .....   | 104       |
| 5.5.4    | Prinzip der Handlungsorientierung .....   | 105       |
| 5.5.5    | Prinzip der Darstellungsebenen .....  | 105       |
| 5.6      | Physikunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....                                       | 106       |
| 5.6.1    | Zum Forschungsstand von Physikunterricht und -didaktik im Bildungsgang Geistige Entwicklung ..... | 107       |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 5.6.2     | Vergleich der curricularen Verankerung von Physik im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....                | 109        |
| 5.6.3     | Physikalische Lehrwerke im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....  | 112        |
| 5.6.4     | Empfehlungen zum Experimentieren im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....                                 | 113        |
| 5.7       | Schlussfolgerung: Gestaltungsprinzipien aus Perspektive der Physikdidaktik.....                             | 116        |
| <b>6</b>  | <b>Universal Design for Learning (UDL) .....</b>  | <b>118</b> |
| 6.1       | Barrierearme Unterrichtsgestaltung .....  | 118        |
| 6.2       | Grundlagen des UDL .....  | 120        |
| 6.3       | UDL im naturwissenschaftlichen Unterricht .....   | 123        |
| 6.4       | Schlussfolgerung: Barrierearme universelle Gestaltungsprinzipien .....                                      | 125        |
| <b>7</b>  | <b>Barrierearme Sprache.....</b>  | <b>126</b> |
| 7.1       | Sprache im Physikunterricht .....   | 126        |
| 7.2       | Sprache im Bildungsgang Geistige Entwicklung.....   | 129        |
| 7.2.1     | Leichte Sprache .....   | 130        |
| 7.2.2     | Erweiterter Lesebegriff.....  | 131        |
| 7.3       | Sprachsensible Vermittlung von Bildungsinhalten.....  | 134        |
| 7.4       | Sprachsensibler Physikunterricht.....   | 137        |
| 7.5       | Schlussfolgerung: Sprachensible Gestaltungsprinzipien.....  | 139        |
| <b>8</b>  | <b>Tablets als Teilhabekatalysator.....</b>   | <b>141</b> |
| 8.1       | Teilhabe im Unterricht durch Medien.....  | 141        |
| 8.2       | Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht.....   | 144        |
| 8.3       | Einsatz digitaler Medien im Bildungsgang Geistige Entwicklung .....   | 146        |
| 8.4       | Teilhabemöglichkeiten im Bildungsgang Geistige Entwicklung mithilfe von Tablets .....                       | 148        |
| 8.5       | Gestaltung digitaler Bildungsinhalte.....   | 150        |
| 8.6       | Aspekte zur Gestaltung digitaler Bildungsinhalte für den Bildungsgang Geistige Entwicklung .....            | 152        |
| 8.7       | Schlussfolgerung: digitale Gestaltungsprinzipien.....   | 154        |
| <b>9</b>  | <b>Synopse der Gestaltungsprinzipien.....</b>   | <b>155</b> |
| 9.1       | Gestaltungsprinzipien für physikalische Experimentieranleitungen im Bildungsgang Geistige Entwicklung ..... | 155        |
| 9.2       | Vorüberlegungen zum Einsatz der Gestaltungsprinzipien im Unterricht .....                                   | 159        |
| <b>II</b> | <b>Abschnitt: Erprobung der Intervention.....</b>   | <b>162</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>10 Erhebungsinstrument und Analyseverfahren.....</b>  | <b>163</b> |
| 10.1 Erhebungsinstrument – Videoaufzeichnungen .....   | 163        |
| 10.1.1 Unterrichtsvideografie und -analyse.....  | 164        |
| 10.1.2 Vor- und Nachteile von Unterrichtsaufzeichnungen .....  | 164        |
| 10.1.3 Invasivität und Kameraeffekte.....  | 166        |
| 10.1.4 Datenschutz .....   | 167        |
| 10.2 Analyseverfahren – Qualitative Inhaltsanalyse.....  | 167        |
| 10.3 Codierverfahren .....   | 168        |
| 10.3.1 Validität der codierten Videodaten.....   | 169        |
| 10.4 Konkretes methodisches Vorgehen.....  | 170        |
| 10.4.1 Genehmigungsverfahren für die Videoaufzeichnungen .....   | 171        |
| 10.4.2 Durchführung der Videoaufzeichnungen .....  | 172        |
| 10.4.3 Analyseschritte .....   | 173        |
| <br>   |            |
| <b>11 Erster Mesozyklus .....</b>  | <b>189</b> |
| 11.1 Beschreibung der Lerngruppe .....   | 189        |
| 11.2 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien im eBook.....   | 190        |
| 11.2.1 Umsetzung der Basis-Gestaltungsprinzipien.....  | 190        |
| 11.2.2 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf eine selbstständige<br>Handlungsorientierung ..... | 191        |
| 11.2.3 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf anschauliche Ergebnisse                            | 191        |
| 11.2.4 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf einen Lebensweltbezug.                             | 192        |
| 11.2.5 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf Sprache.....                                       | 192        |
| 11.2.6 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf eine orientierende<br>Strukturierung.....          | 195        |
| 11.2.7 Erstellung der eBooks.....  | 196        |
| 11.2.8 Ablauf der Physikstunden.....   | 198        |
| 11.3 Durchführung der Intervention .....   | 199        |
| 11.4 Besonderheiten bei der Durchführung .....   | 201        |
| 11.5 Quantitative Ergebnisdarstellung des ersten Mesozyklus.....   | 202        |
| 11.6 Qualitative Ergebnisdarstellung des ersten Mesozyklus.....  | 207        |
| 11.6.1 Hauptkategorie <i>Funktional</i> .....  | 208        |
| 11.6.2 Hauptkategorie <i>Kompetenzen</i> .....   | 212        |
| 11.6.3 Hauptkategorie <i>Barrieren</i> .....   | 216        |
| 11.6.4 Hauptkategorien <i>Umgang mit Barrieren</i> und <i>Sonstiges</i> .....                              | 222        |
| 11.7 Entwicklung der Codevergabe .....   | 223        |
| 11.8 Interpretation der Ergebnisse .....   | 225        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 11.9       | Konsequenzen für den zweiten Mesozyklus .....  | 228        |
| <b>12</b>  | <b>Zweiter Mesozyklus .....</b>  | <b>233</b> |
| 12.1       | Beschreibung der Lerngruppe .....  | 233        |
| 12.2       | Durchführung der Intervention .....  | 234        |
| 12.3       | Besonderheiten bei der Durchführung .....  | 236        |
| 12.4       | Quantitative Ergebnisdarstellung des zweiten Mesozyklus .....  | 237        |
| 12.5       | Qualitative Ergebnisdarstellung des zweiten Mesozyklus .....   | 242        |
| 12.5.1     | Hauptkategorie <i>Funktional</i> .....   | 242        |
| 12.5.2     | Hauptkategorie <i>Kompetenzen</i> .....  | 245        |
| 12.5.3     | Hauptkategorie <i>Barrieren</i> .....  | 249        |
| 12.5.4     | Hauptkategorien <i>Umgang mit Barrieren</i> und <i>Sonstiges</i> .....   | 253        |
| 12.6       | Entwicklung der Codevergabe .....  | 255        |
| 12.7       | Vergleich der Ergebnisse vom ersten und zweiten Mesozyklus .....   | 258        |
| 12.8       | Interpretation der Ergebnisse .....  | 260        |
| 12.9       | Konsequenzen für einen weiteren Mesozyklus .....   | 263        |
| <b>III</b> | <b>Abschnitt: Evaluierung der Intervention .....</b>   | <b>266</b> |
| <b>13</b>  | <b>Methodendiskussion .....</b>  | <b>267</b> |
| 13.1       | Forschungsmethodisches Vorgehen .....  | 267        |
| 13.2       | Stichprobe, Erhebung(-sinstrumente) und Analyse(-verfahren) .....  | 268        |
| <b>14</b>  | <b>Limitationen .....</b>  | <b>273</b> |
| <b>15</b>  | <b>Fazit und Implikationen zentraler Erkenntnisse .....</b>  | <b>274</b> |
| 15.1       | Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Unterrichtsmaterialien im Bildungsgang<br>Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren ..... | 274        |
| 15.2       | Transfermöglichkeiten für die Umsetzung im gemeinsamen Lernen .....  | 276        |
| 15.3       | Ansatzpunkte für weitere Forschung .....   | 278        |
| 15.4       | Zusammenfassung der Implikationen .....  | 280        |
|            | <b>Abbildungsnachweise .....</b>   | <b>282</b> |
|            | <b>Literaturverzeichnis .....</b>  | <b>288</b> |
|            | <b>Anhang .....</b>  | <b>322</b> |
|            | <b>Erklärung zur Dissertation .....</b>  | <b>377</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Abb. 1:  | Quadranten-Modell von Stokes (1997) (links), angewandt auf die fachdidaktische Forschung in Anlehnung an Kohnen (2012) (rechts) – eigene Darstellung.....               | 22  |
| Abb. 2:  | Ablauf des DBR ~ Gesamtübersicht – eigene Darstellung .....   | 29  |
| Abb. 3:  | Ablauf des DBR ~ erster Abschnitt – eigene Darstellung.....   | 30  |
| Abb. 4:  | Ablauf von DBR ~ zweiter Abschnitt – eigene Darstellung .....   | 32  |
| Abb. 5:  | Mikrozyklus im DBR – eigene Darstellung .....   | 33  |
| Abb. 6:  | Ablauf von DBR ~ dritter Abschnitt – eigene Darstellung .....   | 34  |
| Abb. 7:  | Bio-psycho-soziales Modell der ICF – entnommen aus DIMDI, 2005, o.S. ....   | 41  |
| Abb. 8:  | Überblick über die aktuellen theoretischen Positionen zum Verständnis von kognitiven Beeinträchtigungen in Anlehnung an Fischer, 2003, S. 13 – eigene Darstellung ..... | 53  |
| Abb. 9:  | Elemente der kognitiven Informationsverarbeitung in Anlehnung an Sarimski, 2013, S. 50 – eigene Darstellung.....  | 60  |
| Abb. 10: | schematischer Vergleich von Modellen der kognitiven Entwicklung in Anlehnung an Ratz, 2017, S. 182 – eigene Darstellung .....   | 66  |
| Abb. 11: | fundierende und regulierende Unterrichtsprinzipien in Anlehnung an Gonschorek & Schneider, 2009, S. 280 – eigene Darstellung .....                                      | 69  |
| Abb. 12: | Übersicht über potenzielle Differenzierungsmöglichkeiten und -kriterien – eigene Darstellung .....  | 74  |
| Abb. 13: | Kompetenzstufenmodell zur Scientific Literacy in Anlehnung an Spörhase-Eichmann, 2015, S. 47 f. – eigene Darstellung .....  | 88  |
| Abb. 14: | Klassifizierung von Experimenten – entnommen aus Küpper & Weck, 2021, S. 11 .....   | 96  |
| Abb. 15: | hypothetisch-deduktiver Weg der experimentellen Erkenntnisgewinnung in Anlehnung an Trendel & Lübeck, 2018, S. 119 – eigene Darstellung .....                           | 97  |
| Abb. 16: | Teilprozesse experimenteller Kompetenz in Anlehnung an Gut-Glanzmann & Mayer, 2018, S. 128 – eigene Darstellung .....   | 99  |
| Abb. 17: | Prinzipien des Universellen Designs in Anlehnung an Bühler, 2015, S. 122 f. – eigene Darstellung .....  | 120 |
| Abb. 18: | Planungskreis für die Implementierung von Elementen des UDL in Anlehnung an Nelson, 2014, S. 136. – eigene Darstellung .....  | 122 |
| Abb. 19: | Sprachen im Physikunterricht – eigene Darstellung .....   | 128 |
| Abb. 20: | Stufen des Leselehrgangs nach Günthner, 2000, S. 16 – eigene Darstellung .....  | 133 |
| Abb. 21: | systemintegrierte Bedienungshilfen eines iPads™ in Anlehnung an Apple, o.J., o.S. – eigene Darstellung.....   | 148 |



---

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Abb. 22: | inhaltsanalytische Gütekriterien entnommen aus Krippendorff, 1980, S. 158 .....   | 170 |
| Abb. 23: | mehrschrittiges Genehmigungsverfahren für die Videoaufzeichnung – eigene Darstellung .....                                    | 171 |
| Abb. 24: | Ablaufschema der durchgeführten qualitativen Inhaltsanalyse – eigene Darstellung .....  | 174 |
| Abb. 25: | Fachbegriffe in Kombination mit bekannten Wörtern – eigene Darstellung .....  | 193 |
| Abb. 26: | exemplarische eBook-Seite: Textunterstützung durch Signalisierungen und kurze Videosegmente – eigene Darstellung .....        | 193 |
| Abb. 27: | Auszüge aus den Arbeitsblättern – eigene Darstellung.....   | 195 |
| Abb. 28: | exemplarische eBook-Seite: Zwischenfolien – eigene Darstellung .....  | 195 |
| Abb. 29: | exemplarische eBook-Seite: Platzierung der Audiodateien – eigene Darstellung  | 196 |
| Abb. 30: | exemplarische eBook-Seite: Wiederholungsaufgaben – eigene Darstellung.....  | 197 |
| Abb. 31: | Raumskizze mit Kammeranordnung und Sitzplan der ersten Klasse – eigene Darstellung .....                                      | 200 |
| Abb. 32: | Überblick über die vergebenen Codes in der Hauptkategorie Funktional im ersten Mesozyklus.....                                | 208 |
| Abb. 33: | Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie Zugänge im ersten Mesozyklus.....                                   | 209 |
| Abb. 34: | Überblick über die vergebenen Codes in der Hauptkategorie Kompetenzen im ersten Mesozyklus .....                              | 212 |
| Abb. 35: | Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie (Handlungs-) Wissen im ersten Mesozyklus .....                      | 213 |
| Abb. 36: | Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie Verortung [der Barrieren] in der Umwelt im ersten Mesozyklus .....  | 217 |
| Abb. 37: | Modell experimenteller Kompetenz in Anlehnung an Schreiber et al., 2009, S. 93 – eigene Darstellung .....                     | 226 |
| Abb. 38: | Raumskizze mit Kammeranordnung und Sitzplan der ersten Stunde in der zweiten Klasse – eigene Darstellung .....                | 236 |
| Abb. 39: | Überblick über die vergebenen Codes in der Hauptkategorie Kompetenzen im zweiten Mesozyklus .....                             | 245 |
| Abb. 40: | Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie (Handlungs-)Wissen im zweiten Mesozyklus .....                      | 247 |
| Abb. 41: | Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie Verortung [der Barrieren] in der Umwelt im zweiten Mesozyklus ..... | 250 |
| Abb. 42: | Ergebnisse der beiden Mesozyklen im Vergleich – eigene Darstellung .....  | 258 |

## Tabellenverzeichnis

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Tab. 1:  | Charakteristika von DBR-Ansätzen – eigene Darstellung .....   | 25  |
| Tab. 2:  | Formen von Barrieren nach Krönig, 2015, S. 43 – eigene Darstellung .....  | 48  |
| Tab. 3:  | vier Definitionen schulischer Inklusion und Überwindung von Diskriminierung nach Piezunka et al., 2017, S. 217 – eigene Darstellung.....  | 51  |
| Tab. 4:  | Niveaustufen des Helfens in Anlehnung an Klauß, 2000, S. 140 mit der Erweiterung um die Wissenskomponente – eigene Darstellung .....  | 67  |
| Tab. 5:  | Synopse verschiedener Niveaustufen – eigene Darstellung.....  | 75  |
| Tab. 6:  | Kompetenzbereiche im Fach Physik in Anlehnung an KMK, 2004, S. 7.....   | 90  |
| Tab. 7:  | Stufen des Forschenden Lernens .....  | 101 |
| Tab. 8:  | Vergleich der Curricula für den Bildungsgang Geistige Entwicklung in Bezug auf Physik, Sachunterricht bzw. Naturwissenschaften oder Natur/Naturphänomene – eigene Darstellung ..... | 109 |
| Tab. 9:  | Übersicht über Passungsstrategien in Anlehnung an Wember & Melle, 2018, S. 59 f. – eigene Darstellung .....   | 119 |
| Tab. 10: | Abstraktionsgrad von Symbolsystemen in Anlehnung an Detheridge & Detheridge, 2002 – eigene Darstellung .....  | 135 |
| Tab. 11: | Charakterisierende Merkmalskomplexe für leicht verständliche Texte – eigene Darstellung .....   | 138 |
| Tab. 12: | Designprinzipien für Multimediaanwendungen in Anlehnung Schanze & Girwidz, 2018, S. 180 – eigene Darstellung.....   | 151 |
| Tab. 13: | Übersicht über die Codes in den Hauptkategorien im ersten Mesozyklus.....   | 203 |
| Tab. 14: | Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Funktional im ersten Mesozyklus .....  | 203 |
| Tab. 15: | Übersicht über die Codes in der Hauptkategorien Kompetenzen im ersten Mesozyklus.....   | 205 |
| Tab. 16: | Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Barrieren im ersten Mesozyklus .....   | 206 |
| Tab. 17: | Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Umgang mit Barrieren im ersten Mesozyklus.....   | 207 |
| Tab. 18: | Überblick über die vergebenen Codes in den Hauptkategorien im ersten Mesozyklus.....  | 223 |
| Tab. 19: | Backlog nach dem ersten Mesozyklus .....  | 229 |
| Tab. 20: | Übersicht über die Codes in den Hauptkategorien im zweiten Mesozyklus.....  | 238 |
| Tab. 21: | Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Funktional im zweiten Mesozyklus .....   | 238 |

|   |     |
|---|-----|
| Tab. 22: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Kompetenzen im zweiten Mesozyklus.....          | 240 |
| Tab. 23: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Barrieren im zweiten Mesozyklus .....           | 241 |
| Tab. 24: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Umgang mit Barrieren im zweiten Mesozyklus..... | 242 |
| Tab. 25: Überblick über die vergebenen Codes in den Hauptkategorien im zweiten Mesozyklus.....          | 256 |
| Tab. 26: Backlog nach dem zweiten Mesozyklus – eigene Darstellung .....                                 | 263 |

## Abkürzungsverzeichnis

- AT Assistive Technologien
- BMAS Bundesministerium für Arbeit und Soziales
- CTL Cognitive Load Theory
- DBR Design-Based-Research
- DBRC Design-Based-Research Collective
- DSM Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
- eBooks Elektronische Büches
- ICD International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
- ICIDH International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps
- ICF Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit
- ICF-CY Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen
- ILSMH Internationale Liga von Vereinigungen für Menschen mit geistiger Behinderung
- KMK Kultusministerkonferenz
- MINT Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik
- MSB NRW Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen
- NW Schulfach Naturwissenschaften
- OECD Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
- UDL Universal Design for Learning
- UK Unterstützte Kommunikation
- UN-BRK UN-Behindertenrechtskonvention
- WHO Weltgesundheitsorganisation

*»Bei der Vielfalt geht es um uns alle und darum,  
dass wir herausfinden müssen,  
wie wir gemeinsam durch diese Welt gehen können.«*

*(Jacqueline Woodson ~ amerikanische Schriftstellerin)*

---

## 1 Einleitung

Mit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention (UN-BRK) hat die Bundesrepublik Deutschland einen „Paradigmenwechsel“ (Stahl, 2010, S. 5) vorgenommen und damit eine der größten pädagogischen Reformen in der Geschichte des deutschen Schulsystems angestoßen. Durch Teilhabe an Bildung sollen alle Lernenden zu gleichberechtigter Teilhabe in der Gesellschaft befähigt werden. Um dies zu ermöglichen, ist es wichtig zu analysieren, welche Barrieren dies be- oder verhindern. Des Weiteren müssen konkrete Maßnahmen identifiziert werden, mit denen die Barrieren reduziert werden können. Um „insbesondere die Entwicklungs- und Teilhabechancen benachteiligter Personengruppen zu verbessern“ (Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation [DIPF], 2022, S. 357), müssen Instrumente entwickelt werden, wie diese Maßnahmen an die jeweiligen Bedürfnisse der Lernenden angepasst werden können. Dies ist eine zentrale Aufgabe jeder Schulform, jedes Bildungsgangs und jedes Unterrichtsfachs. Deshalb betonen Rott und Marohn (2016), dass alle Lernenden in Naturwissenschaften unterrichtet werden sollen. Außerdem fordern sie die Entwicklung „geeignete[r] Konzepte und Materialien und deren Evaluation unter (fach-)didaktischen Fragestellungen“ (S. 373).

Bei allen angestoßenen Reformen und Umsetzungsmaßnahmen muss kritisch gefragt werden, ob diese wirklich alle Lernenden berücksichtigen und erreichen, besonders weil gleichberechtigte Teilhabe an und durch Bildung in den Naturwissenschaften bisher in der Sonderpädagogik kaum Beachtung gefunden hat. Stattdessen lag dort der Schwerpunkt bis dato auf dem Erwerb der Grundfertigkeiten Lesen, Schreiben und Rechnen. In den Naturwissenschaften lag der Fokus bisher auf den Lernenden, die zielgleich unterrichtet werden. Daher wurde sowohl von der Sonderpädagogik als auch der Physikdidaktik Teilhabe am Physikunterricht für Lernende, die zielfferent unterrichtet werden, wie im Bildungsgang Geistige Entwicklung, wenig beachtet (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 142; Scruggs et al., 2008, S. 2; Seitz, 2004, S. 222 f.).

Hinzu kommt, dass Lernende in diesem Bildungsgang mit 13,7% am seltensten inklusiv beschult werden (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK], 2022, S. 8) und somit kaum am Physikunterricht einer

allgemeinen Schule teilnehmen. Deswegen sind im Forschungsfeld Teilhabe am naturwissenschaftlichen Unterricht für Lernende mit einer Beeinträchtigung und insbesondere für diejenigen, die im Bildungsgang Geistige Entwicklung beschult werden, „kaum Modelle vorhanden, wie z.B. inklusiver Naturwissenschaftsunterricht aussehen könnte oder sollte“ (Abels, 2016, S. 323 f.).

Daher bedarf es interdisziplinärer, praxisrelevanter Forschung von Fachdidaktik und Sonderpädagogik mit dem Ziel, Teilhabe im naturwissenschaftlichen Unterricht für alle Lernenden und für jeden Bildungsgang zu ermöglichen (Moser & Kipf, 2015, S. 33).

## 1.1 Ziel der Arbeit

Aufgrund dieses Desiderats können zu diesem Thema nahezu keine empirischen wissenschaftlichen Forschungsergebnisse angeführt werden. Stattdessen werden aus den jeweiligen Disziplinen relevante Erkenntnisse abgeleitet und kombiniert. Die vorliegende Arbeit soll eine Brückenfunktion einnehmen. Sie will multiperspektiv zur Realisierung von Teilhabe an naturwissenschaftlicher Bildung beitragen. Dafür werden theoriegeleitet Gestaltungsprinzipien für e-Books entwickelt. Diese werden im Rahmen einer Intervention umgesetzt sowie deren Funktionalität beforcht, um Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung am physikalischen Experimentieren zu optimieren.

Unterrichtsentwicklung, insbesondere für Lernende mit Beeinträchtigungen, stellt ein ausgesprochen komplexes Forschungsfeld dar, das durch das Zusammenspiel zahlreicher Variablen bestimmt ist. Um die Unterrichtspraxis wissenschaftlich und konstruktiv zu verbessern, müssen Forschung und Entwicklung von in der Praxis funktionalen Maßnahmen verknüpft werden. Dies wird z.B. im Rahmen von fachdidaktischer Entwicklungsforschung, die auch als *Design Research* bezeichnet wird, realisiert. Wenn die fachdidaktische Entwicklungsforschung einen hohen pädagogischen Innovationsgrad intendiert, eignet sich nach Kelly (2010) insbesondere der Ansatz *Design-Based-Research (DBR)* (S. 76). Bei diesem Ansatz werden „Gelingensbedingungen vor Ort analysier[t]“ (Ahrbeck, 2017, S. 7), d.h., einzelne Probleme werden nicht herausgelöst und unter Laborbedingungen untersucht, sondern iterativ in realen Bildungssituationen untersucht. Durch das iterative Vorgehen werden die Lehr-Lernprozesse detailliert betrachtet und Unterrichtsmaterialien sukzessive an die reale Bildungssituation angepasst sowie gleichzeitig *lokale Theorien* (Prediger & Link, 2012, S. 39) über Gelingensbedingungen abgeleitet (Rott & Marohn, 2016, S. 375).

Mit dem Ziel, die Gestaltungsprinzipien der Intervention zu entwickeln, die auch bei anderen Themen des Physikunterrichts, in anderen Fächern, Altersstufen oder bei anderen Lernenden anwendbar sind, will die vorliegende Arbeit einen Beitrag zur Realisierung von Teilhabe an und durch Bildung für alle leisten. Die Erkenntnisse können einerseits Unterstützung und Hilfe für die Realisierung und Teilhabe für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung im experimentellen Physikunterricht bedeuten, andererseits Hinweise für zukünftige Forschung geben. Damit verfolgt diese Arbeit, im Sinne des DBR-Ansatzes, das Ziel, sowohl einen Beitrag zur Theoriebildung als auch eine praxistaugliche Intervention zum oben aufgezeigten Forschungsdesiderat zu liefern.

## **1.2 Aufbau der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit gliedert sich nach der Beschreibung des gewählten forschungsmethodischen Vorgehens (DBR) in drei Abschnitte.

Im ersten Abschnitt wird aufgrund der äußerst geringen empirischen Forschung in dem zu bearbeitenden interdisziplinären Themengebiet ein umfassendes theoretisches Fundament gelegt. Dazu werden aus den Disziplinen der Physikdidaktik, der Pädagogik und Didaktik für Menschen mit kognitiver Beeinträchtigung und der Medienpädagogik Fachliteratur, aber auch Texte wie Richtlinien, Kernlehrpläne, Vorgaben und Empfehlungen sowie Praxisbeispiele herangezogen. An einigen Stellen werden zusätzlich Quellen aus verwandten Fächern und Fachbereichen konsultiert. Alle Texte dienen einem Problemaufriss und widmen sich der Frage, welche Faktoren in den einzelnen Disziplinen Teilhabe im und am Unterricht fördern und optimieren. Darüber hinaus soll dieser Abschnitt das Verständnis der Erkenntnisse und Interpretationen im dritten Abschnitt stützen und erleichtern. Zum Abschluss des ersten Teils werden die Erkenntnisse aus den vorherigen Kapiteln zunächst miteinander kombiniert. Darauf basierend wird ein erstes Design einer Intervention entwickelt, um Teilhabe am physikalischen Experimentieren für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung zu optimieren.

Im zweiten Abschnitt werden das Erhebungsinstrument sowie das Analyseverfahren beschrieben. Dabei werden zunächst die Methodik der Videografie und der Videoauswertung sowie die dafür verwendeten Tools vorgestellt. Die Entwicklung des verwendeten Codiermanual und das Codiermanual selbst sowie dessen praktischer Einsatz bei der Analyse der Videoaufzeichnungen wird anschließend detailliert dargelegt.

Danach werden die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten DBR-Zyklen und deren Ergebnisse dargestellt. Die jeweiligen Settings werden beschrieben, in denen die Intervention

untersucht wurde, also die Bedingungsfelder, sowie die Lernenden. Anschließend werden die Ergebnisse quantitativ und qualitativ dargestellt. Dies wird durch die Auswahl konkreter Beispiele aus dem erhobenen Material gestützt und somit nachvollziehbar gemacht. Im Anschluss erfolgen die Interpretation der Ergebnisse des jeweiligen Forschungszyklus und die darauf basierenden Konsequenzen für den nächsten.

Im letzten Abschnitt erfolgt zunächst eine kritisch-konstruktive Methodendiskussion des gewählten forschungsmethodischen Vorgehens, der Stichprobe, der Erhebung(-sinstrumente) und der Analyse(-verfahren). Darauf basierend werden die Limitationen der Ergebnisse dargelegt. Anschließend werden die Erkenntnisse bzgl. der Gestaltungsprinzipien resümierend geschärft (*What works?*) und in *lokale Theorien* überführt (*How, when and why does it work?*), die dann – so die Intention – nachhaltigen Einfluss auf den experimentellen Physikunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung haben. Perspektivisch gesehen, sollen vor allem die Gestaltungsprinzipien, die der entwickelten Intervention zugrunde liegen, und deren konkrete Umsetzung Implikationen für weitere Forschung und für die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien bieten. Ansatzpunkte dafür werden aufgezeigt. Abgeschlossen wird die vorliegende Arbeit durch eine Zusammenfassung der Implikationen.

Aufgrund von u.a. offiziellen Begriffen und wissenschaftlichen Erkenntnisse, die in dieser Arbeit herangezogen und verwendet werden (müssen), ist die Sprache nicht immer trennscharf, genderneutral und kategorisierungsfrei. Trotz größtmöglicher Bemühungen um Klarheit und Eindeutigkeit musste an einigen Stellen ein Kompromiss eingegangen werden.



*»Doch Forschung strebt und ringt, ermüdend nie,  
nach dem Gesetz, dem Grund, Warum und Wie.«*

*(Johann Wolfgang von Goethe, 1749 – 1832)*

---

## **2 Design-Based-Research (DBR)**

Für eine optimale Teilhabe aller Lernenden am Physikunterricht mangelt es aktuell z.B. an physikdidaktischen Unterrichtsmaterialien ebenso wie an einer theoretischen Fundierung dieser. Deshalb ist das Ziel dieser Arbeit, sowohl die Entwicklung einer praxistauglichen Intervention als auch einen Beitrag zum Forschungsfeld zu liefern.

Für diese fachdidaktische Entwicklungsforschung wurde der DBR-Ansatz als forschungsmethodisches Vorgehen gewählt. In diesem Kapitel werden die Wahl für DBR begründet und der Ansatz vorgestellt. Dafür wird zunächst dessen Einsatz und Potenzial in der Unterrichtsentwicklung und Schulpraxis skizziert. Danach werden Charakteristika, der spezifische DBR-Ab-  
lauf mit seinen einzelnen Abschnitten und Phasen sowie geeignete Forschungsmethoden beschrieben.

Zum Abschluss des Kapitels wird das konkrete forschungsmethodische Vorgehen dieser Arbeit skizziert.

### **2.1 Grund für die Wahl des Design-Based-Research-Ansatzes**

In zahlreichen Artikeln wird darauf hingewiesen, dass viele wissenschaftliche Erkenntnisse für die pädagogische Praxis irrelevant, unzugänglich und/oder unverständlich sind (Design-Based-Research Collective [DBRC], 2003, S. 5; Kohnen, 2012, S. 151; Wilhelm & Hopf, 2014, S. 32; Bresges, 2018, S. 620). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Interessen von Wissenschaft und Praxis divergieren: Die Wissenschaft ist in erster Linie interessiert, tragfähige Theorien zu sammeln und zu untersuchen. Die Praxis hingegen betrachtet die Entwicklung und Formulierung von Theorien als zweitrangig. Ihr ist primär daran gelegen, Lösungen für alltäglich relevante Probleme zu erarbeiten (Euler, 2014, S. 20 f.).

In der Schulpraxis finden nach Wilhelm und Hopf (2014) insbesondere Erkenntnisse experimenteller Studien, die einen Extrempol der fachdidaktischen Forschung darstellen, kaum Beachtung bzw. Anwendung. Im Gegensatz dazu weisen Erkenntnisse der Feld- bzw. Evaluationsforschung, die sich dem anderen Extrempol zuordnen lassen, einen vergleichsweise direkten Nutzen auf (S. 32). Kohnen (2012, S. 152) sowie Smith et al. (2013, S. 152) stellen diese beiden Forschungsextreme in Form eines Quadranten-Modells nach Stokes (1997) dar (s. Abb. 1).

Dabei werden Parallelen zwischen den experimentellen Studien und der Vorgehensweise von Bohr zur Entwicklung der Atommodelle gezogen. Der jeweilige Beitrag zu wissenschaftlichen Erkenntnissen ist hoch (y-Achse). Die Erkenntnisse stellen jedoch nur einen geringen Nutzen für die Praxis dar (x-Achse). Die Feld- bzw. Evaluationsforschung vergleicht Kohnen mit Thomas Alva Edisons Suche nach Anwendungsmöglichkeiten für elektrische Energie, deren Fokus auf dem praktischen Nutzen liegen (x-Achse) und deren wissenschaftliche Erkenntnis eher gering einzuschätzen ist (y-Achse), sodass sie unten rechts angesiedelt wird.

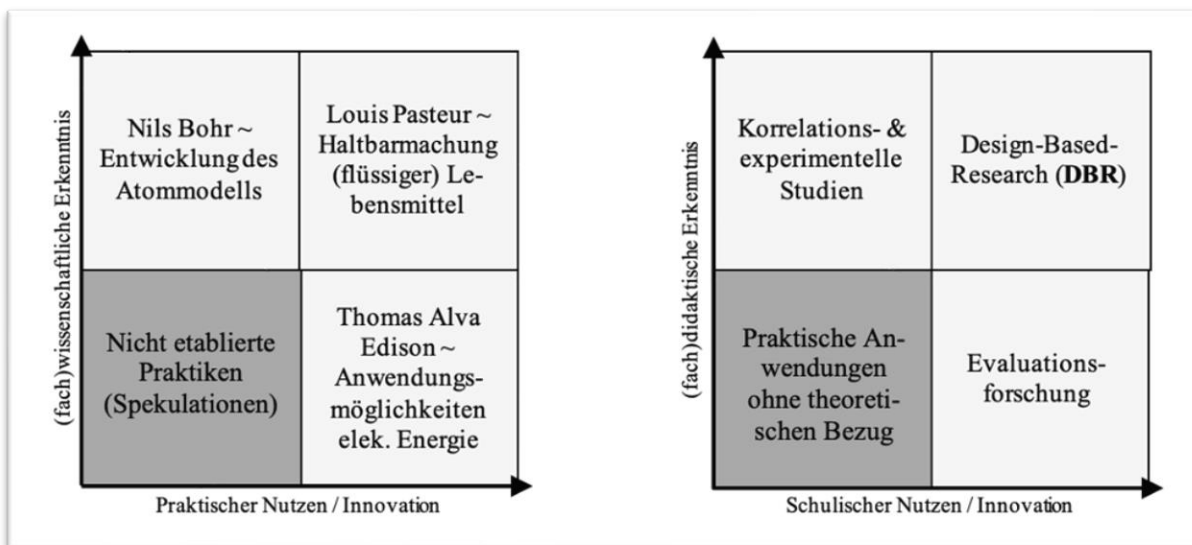


Abb. 1: *Quadranten-Modell von Stokes (1997) (links), angewandt auf die fachdidaktische Forschung in Anlehnung an Kohnen (2012) (rechts) – eigene Darstellung*

Im Quadranten-Modell von Stokes (1997) befindet sich oben rechts der sogenannte Pasteur'sche Quadrant, der sich dadurch auszeichnet, dass die Forschung einen praktischen Nutzen hat und gleichzeitig zur wissenschaftlichen Erkenntnis beiträgt (Kohnen, 2012, S. 151 f.). In Kohnens fachdidaktischem Quadranten-Modell steht oben rechts der DBR-Ansatz, der entwickelt wurde, um experimentelle Forschung und Feld- bzw. Evaluationsforschung, also Wissenschaft und deren Anwendung, in realen Bildungssituationen miteinander zu kombinieren (Schaumburg & Prasse, 2019, S. 214). Smith et al. (2013) ergänzen Stokes Ausführungen, indem sie den Quadranten unten links als Praktiken beschreiben, die ausschließlich auf Anekdoten, herkömmlichem Wissen und professionellem Urteilen beruhen, d.h. nicht durch wissenschaftliche Erkenntnisse gestützt werden (S. 152).

Die vorhandene Lücke zwischen Grundlagenforschung und schulischer Praxis wird von vielen internationalen Forschenden sowie Menschen aus der Praxis unisono beklagt und als möglicher Ansatzpunkt für Innovationen herausgestellt (z.B. DBRC, 2003, S. 7; Prediger & Link, 2012,

S. 29; Rohrbach-Lochner, 2019, S. 15). Einerseits sollen schulische Lernprozesse in realen, komplexen Lernumgebungen wissenschaftlich beschrieben werden können, in denen Variablen nicht oder kaum zu kontrollieren sind und somit zu wissenschaftlichen Erkenntnissen beitragen (y-Achse). Andererseits sollen wissenschaftliche Erkenntnisse in praktischen Lehrsituationen wesentlich stärker berücksichtigt werden, d.h. einen großen Nutzen für die Praxis darstellen (x-Achse) (Gess et al., 2014, S. 11). Smith et al. (2013) betonen, dass im Bereich der Sonderpädagogik wirklich effektive Praktiken nur identifiziert und breit umgesetzt werden können, wenn diese sowohl die Strenge von evidenzbasierten Studien als auch die Relevanz von Praktiken beachten und plädieren damit, im Bereich der Sonderpädagogik mit dem DBR-Ansatz zu forschen (S. 148).

## 2.2 Begriffsbestimmung

In der Literatur existieren diverse Begrifflichkeiten für den Forschungsansatz im oberen rechten Quadranten, die minimal unterschiedliche Strömungen widerspiegeln wie z.B. *design research*, *design experiments*, *development research* oder *developmental research* (z.B. Wilhelm & Hopf, 2014, S. 33). All diesen Ansätzen ist gemein, dass sie innerhalb der psychologischen Lehr-Lern-Forschung entstanden und vor allem auf die Arbeiten von Alan Collins (1992) und Ann Brown (1992) zurückzuführen sind (z.B. Rohrbach-Lochner, 2019, S. 13). Außerdem verzahnen sie Wissenschaft und Praxis stärker miteinander, „indem unterrichtliche Interventionen (z.B. spezifische Lehrformate) gezielt für die Praxis entwickelt und in der Praxis überprüft werden“ (Gess et al., 2014, S. 11). Die Interventionen werden also *designed* und *beforscht*. „Die Bezeichnung ‚Design‘ soll hervorheben, dass auch der Prozess der Konzeption und Entwicklung einer Intervention bereits einen wissenschaftlichen Akt darstellt“ (Britz, 2018, S. 71).

Das Design-Based-Research Collective (DBRC, 2003) hat einige Kernbereiche identifiziert, die die verschiedenen Strömungen des Ansatzes vereint und in denen Forschung, u.a. auch in Bezug auf Unterrichtsentwicklung, als besonders gewinnbringend betrachtet wird:

- Erforschung von Möglichkeiten für neuartige Lern- und Lehrumgebungen
- Entwicklung kontextualisierter Theorien des Lernens und Lehrens
- Aufbau von kumulativem Design-Wissen
- Steigerung der menschlichen Innovationsfähigkeit (S. 8).

Durch das Design-Based-Research Collective (2003) hat sich der Begriff *Design-Based-Research* (DBR) als übergeordneter Begriff durchgesetzt (Rott, 2018, S. 91). Er wird daher in dieser Arbeit verwendet.

DBR hat sich, nachdem er ab ca. 2003 in den USA populär wurde (Bohlmann, 2016, S. 124), im internationalen Raum immer mehr bewährt. In Deutschland steckt diese Lehr-Lernforschung noch in den Kinderschuhen (Bohlmann, 2016, S. 126), wobei nach Rohrbach-Lochner (2019, S. 15) in den letzten Jahren immer mehr Studien entstanden sind, wie z.B. das FUNKEN-Projekt an der Universität Dortmund (Prediger & Link, 2012; Prediger et al., 2012) und das ‚Münchener Modell‘ der AG Physikdidaktik an der LMU München (Tobias, 2010). Weitere Beispiele für den naturwissenschaftlichen Unterricht finden sich bei Wilhelm und Hopf (2014), Rott und Marohn (2016), Bresges (2018), Britz (2018), Rott (2018), Rohrbach-Lochner (2019), Küpper (2021) und Steinmann (2021).

## 2.3 Design-Based-Research in der Schulpraxis

Es besteht großer Bedarf an Innovation in der Bildung (DBRC, 2003, S. 8). Da Theorien des Lernens und Lehrens einerseits zu nutzbarem Wissen über Unterrichtspraxis, andererseits zu einer Reform führen können, sollten z.B. Lehrkräfte, politische Entscheidungstragende oder Forschende, die den Bildungswandel im Kontext umsetzen können, explizit designbasierte Forschung bzw. Forschungspartnerschaften vorantreiben (DBRC, 2003, S. 8). Van den Akker (1999) nennt hierfür vier, nicht ganz eindeutig voneinander abzugrenzende Anwendungsfelder:

- Curriculumforschung, d.h. Entwicklung curricularer Innovationen
- Medien und Technologien z.B. zur Verbesserung von (Lehr-Lern-)Medien und (Bildungs-)Technologien und der medialen Unterrichtsgestaltung
- Lernen und Unterrichten mit u.a. der Gestaltung von Lernumgebungen, Formulierung von Lehrplänen und Bewertung von Kognitions- und Lernleistungen
- Lehrkräfteaus- und Weiterbildung (S. 3 f.).



Nach Kelly (2010) scheint DBR in der Schulpraxis vor allem bei „open problems“ sowie bei „unique and complex contexts, inter-connected systemic factors“ (S. 76) infrage zu kommen. Offene Probleme („wicked problems“) (Kelly, 2010, S. 76) sind u.a. Inhalte, die erlernt oder erst wissenschaftlich erarbeitet werden müssen. Auch bislang fehlende oder unzureichende fachdidaktische Erkenntnisse und Unterrichtsmaterialien zählen dazu (Seufert, 2014, S. 88). Insbesondere im sonderpädagogischen Bereich lassen sich viele dieser offenen Probleme finden, da z.B. noch immer „für die konkrete Gestaltung von inklusivem Unterricht [...] in vielen Bereichen ebenso praktische Umsetzungsmöglichkeiten wie die theoretische Basis“ (Rott, 2018, S. 97 f.) fehlen. Beispielsweise müssen Methoden, Instrumente, Materialien etc., d.h. Interventionen, designed werden, die die Kompetenzentwicklung aller Lernenden individuell fördern (Kremer & Zoyke, 2014 S. 199). Nach Rott (2018) können offene Probleme von DBR

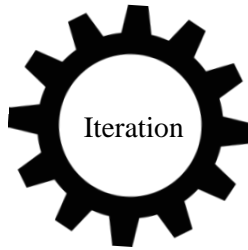
bearbeitet werden, indem – parallel zum nicht abgeschlossenen Prozess der Schulentwicklung –, Unterricht und Lernmaterialien in Iterationen (weiter-)entwickelt sowie an die Bedürfnisse von heterogenen Lerngruppen (S. 97 f.) bzw. Lernende mit Diversitätsdimensionen oder in anderen Bildungsgängen angepasst werden. Dabei muss der Fokus darauf liegen, „grundlegende Merkmale bzw. Prinzipien zu eruieren, die zur Gestaltung von durchaus unterschiedlichen Interventionen im Sinne einer individuellen Förderung herangezogen werden können“ (Kremer & Zoyke, 2014 S. 199). Durch DBR kann das bestehende Angebot durch praxisvalide Konzepte erweitert werden. Selbst, wenn nicht jedes Ergebnis von DBR z.B. in Schulbücher mündet, besteht der Anspruch, sogenannte *Prototypen* und *lokale Theorien* zu entwickeln, deren Effizienz exemplarisch überprüft und analysiert werden muss (Prediger & Link, 2012, S. 37).

## 2.4 Charakteristika des DBR

Zur Charakterisierung von design-basierter Forschung können Kriterien herangezogen werden, die von diversen Forschenden (u.a. von Edelson, 2002, S. 108 ff.; Cobb et al., 2003, S. 9 ff.; Collins et al., 2004, S. 18 f.; Reinmann, 2005, S. 61 ff.; Plomp, 2007, S. 15; McKenney & Reeves, 2012, S. 12 ff.; Anderson & Shattuck, 2012, S. 16 ff.; Euler, 2014, S. 17 f.; Prediger et al., 2015, S. 4 f.; Rott & Marohn, 2016, S. 374 f.; Rott, 2018, S. 93 f.; Rohrbach-Lochner, 2019, S. 21 f.) identifiziert wurden. Diese typischen Charakteristika, die nicht zwangsläufig verpflichtend sind, werden in Tab. 1 aufgelistet.

Tab. 1: Charakteristika von DBR-Ansätzen – eigene Darstellung

|   |   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovative Lösungen für ungelöste, praktische reale Probleme in Form einer Intervention entwickeln und testen (,wicked problems‘)</li> <li>• Untersuchen, wie sich bestimmte Designs in <u>echten</u> Lehr-Lern-Settings bewähren</li> <li>• Verbesserung der Praxis</li> <li>• Anpassung der Intervention an den jeweiligen Kontext</li> <li>• deskriptive Charakterisierung der Komplexität des konkreten Lehr-Lern-Settings</li> </ul>  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschung und Praxis wirken in verschiedenen Phasen kollaborativ zusammen</li> <li>• Interessen und Ziele bleiben klar getrennt</li> <li>• Handlungsschwerpunkte können variieren</li> <li>• Gestaltung und Entwicklung von neuen didaktischen Handlungskonzepten verzahnen sich mit Forschungs- bzw. Erkenntnisgewinnungsinteressen</li> <li>• Steigerung der Qualität und Anwendbarkeit der Lösungen</li> <li>• Austausch zwischen Forschung und Praxis über transferierbare Theorien</li> </ul> |



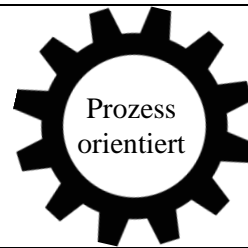
- Sukzessiver Entwicklungs- und Forschungsprozess
- Kontinuierliche ‚Synthese & Vorbereitung‘ – ‚Implementierung & Dokumentation‘ – ‚Analyse & Reflexion‘ (in Makro-, Mikro- und Meso-Zyklen)
- Evaluationsergebnisse jedes Zyklus fließen in das Design des nächsten ein
- kontinuierliche Weiterentwicklung der Intervention (bis die angestrebten Ziele erreicht sind oder das Projekt begründet beendet wird)



- Berücksichtigung theoretischer Grundlagen und des aktuellen Forschungsstands (prospektiv und reflektierend)
- Einbeziehung der Erfahrungen sowie des impliziten Wissens der Praktiker
- ausführliche Analyse des Kontextes
- Gestaltung und Entwicklung von Interventionen als Teil des Forschungsprozesses



- theoriebasierte innovative Praxisentwicklung
- Bindung an Gütekriterien und Qualitätsstandards
- (Weiter-)Entwicklung und Verfeinerung neuer wissenschaftlicher Theorien über Lehr-Lern-Prozesse und unterstützende Mittel
- (Design-)Prinzipien gewinnen und überprüfen
- Entwicklungsgewinnung zielt nicht nur auf situationsspezifische, sondern auch auf generalisierbare Befunde ab



- Fokus auf dem Prozesscharakter des Lehrens und Lernens
- Dokumentation des Interaktionsverlaufs, um Ursache und Wirkungszusammenhänge aufzuklären
- (domänenspezifische) Lehr-Lern-Prozesse verstehen, verbessern und verfeinern
- systematisch-flexible Interventionen



- Wert des Designs anhand seines praktischen Nutzens beurteilen (ökologische Validität und Praxisorientierung)
- Realisierung der geplanten Ziele in der Praxis überprüfen
- Unterscheidung zwischen zentralen Faktoren und Nebenbedingungen
- Komplexität der Praxisbedingungen und deren möglichem Einfluss auf Lehr-Lern-Prozesse beschreiben



- Möglichst viele Variablen erfassen
- Komplexität einer Lehr-Lern-Situation aus verschiedenen Perspektiven betrachten
- verschiedene Untersuchungs- und Auswertungsmethoden
- Anpassung der Forschungsmethoden an die spezifischen Ziele und Perspektiven
- Daten mithilfe einer Triangulation auswerten

Anhand der Tabelle wird deutlich, dass sich DBR in mehrerer Hinsicht von anderen Forschungsansätzen unterscheidet:

- Anhand empirischer Daten werden gleichzeitig ein praktischer Output (praxistaugliche Intervention) als auch ein theoretischer Output (Beitrag zur Theoriebildung, um ein praxisrelevantes Problem zu lösen) generiert (u.a. Cobb et al., 2003, S. 13; DBRC, 2003, S. 8; Britz, 2018, S. 72).
- Der eigentliche Design-Prozess wird wissenschaftlich erörtert, d.h. nicht die Wirkung einer alltagstauglichen Intervention, sondern deren Entwicklung wird untersucht (Brahm & Jenert, 2014, S. 48).
- Es wird angenommen, dass Lehr-Lern-Prozesse nur durch die Wechselwirkung zwischen Intervention und spezifischem (Problem-)Kontext initiiert und erläutert werden können. Daher steht u.a. diese Wechselwirkung beim Interventionsdesign, der -analyse sowie der -reflexion im Fokus (Britz, 2018, S. 71).
- Die enge Zusammenarbeit von Forschenden und Lehrkräften, die zu Co-Forschenden werden (Gess et al., 2014, S. 11 f.), stellt sicher, dass der Forschungsprozess auf einem adäquaten Verständnis des jeweiligen Kontextes aufbaut und die synergetischen Effekte beider Perspektiven kooperativ genutzt werden (Euler, 2014, S. 20 f.). Aus wissenschaftlicher Sicht besteht der zentrale Beitrag darin, die relevanten Theorien zu identifizieren und in den Forschungsprozess einzubeziehen. Die praktische Perspektive beinhaltet zum einen ein Verständnis der konkreten Rahmenbedingungen, zum anderen ein umfangreiches Erfahrungswissen (Euler, 2014, S. 24).
- Interventionen werden durch ein kontinuierliches, zyklisches Vorgehen (Iteration) theoriebasiert (weiter-)entwickelt, implementiert und analysiert. Die Rückmeldung der Ergebnisse wird sofort in der Praxis angewandt und gekoppelt mit einer systematischen Dokumentation dieser Veränderungsprozesse, da mit jeder Modifikation ein neuer Forschungszyklus beginnt (Schaumburg & Prasse, 2019, S. 214; Britz, 2018, S. 74; Rott, 2018, S. 93; Collins et al., 2004, S. 18).

Aufgrund der Charakteristika wird z.B. kritisch angeführt, dass die vorbereiteten Abläufe und Materialien nicht für alle Lernenden optimal sind und auch nicht durch Iterationszyklen adaptiert werden können (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 25 f.). Außerdem ist die Formulierung von Hypothesen theoretisch möglich, jedoch bei vielen Forschungsfragen überflüssig bzw. unsinnig. Beim DBR werden diverse Variablen berücksichtigt, die nur schwer in linear formulierte Hypothesen zu integrieren sind (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 26). Aufgrund eines fehlenden



Kontrollgruppendesigns können Lehr-Lern-Zusammenhänge nicht eindeutig bestimmt werden, d.h., alternative Erklärungen sind möglich (Gess et al., 2014, S. 14). Dadurch wird deutlich, dass Design-Based-Research nicht alleine die beschriebene Lücke zwischen Grundlagenforschung und schulischer Praxis schließen kann (McKenney & Reeves, 2012, S. 11 f.). Nichtsdestotrotz wird dem DBR-Ansatz große Relevanz beigemessen, da einerseits in der Praxis wirksame Interventionen (*What works?*), andererseits wissenschaftliche Theorien generiert werden (Cobb et al., 2003, S. 13), die diese Interventionen in ihrer Wirkung beschreiben (*How, when and why does it work?*). Damit sind optimale Voraussetzungen gegeben, „die Forschungslandschaft der psychologischen, bildungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Forschung sowohl bzgl. der Entwicklung neuer Theorien als auch bzgl. der Anwendbarkeit gewonnener Erkenntnisse voranbringen zu können“ (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 18).

## 2.5 Ablauf des DBR

Der Ablauf eines Forschungsprozesses im Sinne des DBR besteht aus drei übergeordneten Abschnitten (z.B. Britz, 2018, S. 74; Rott, 2018, S. 106; Kolbeck, 2019, S. 57), die sich wiederum in Phasen untergliedern lassen: Abschnitt I – Vorbereitung und Entwicklung der Intervention, Abschnitt II – Erprobung der Intervention und Abschnitt III – Evaluation der Intervention (s. Abb. 2).

Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten genauer beschrieben.



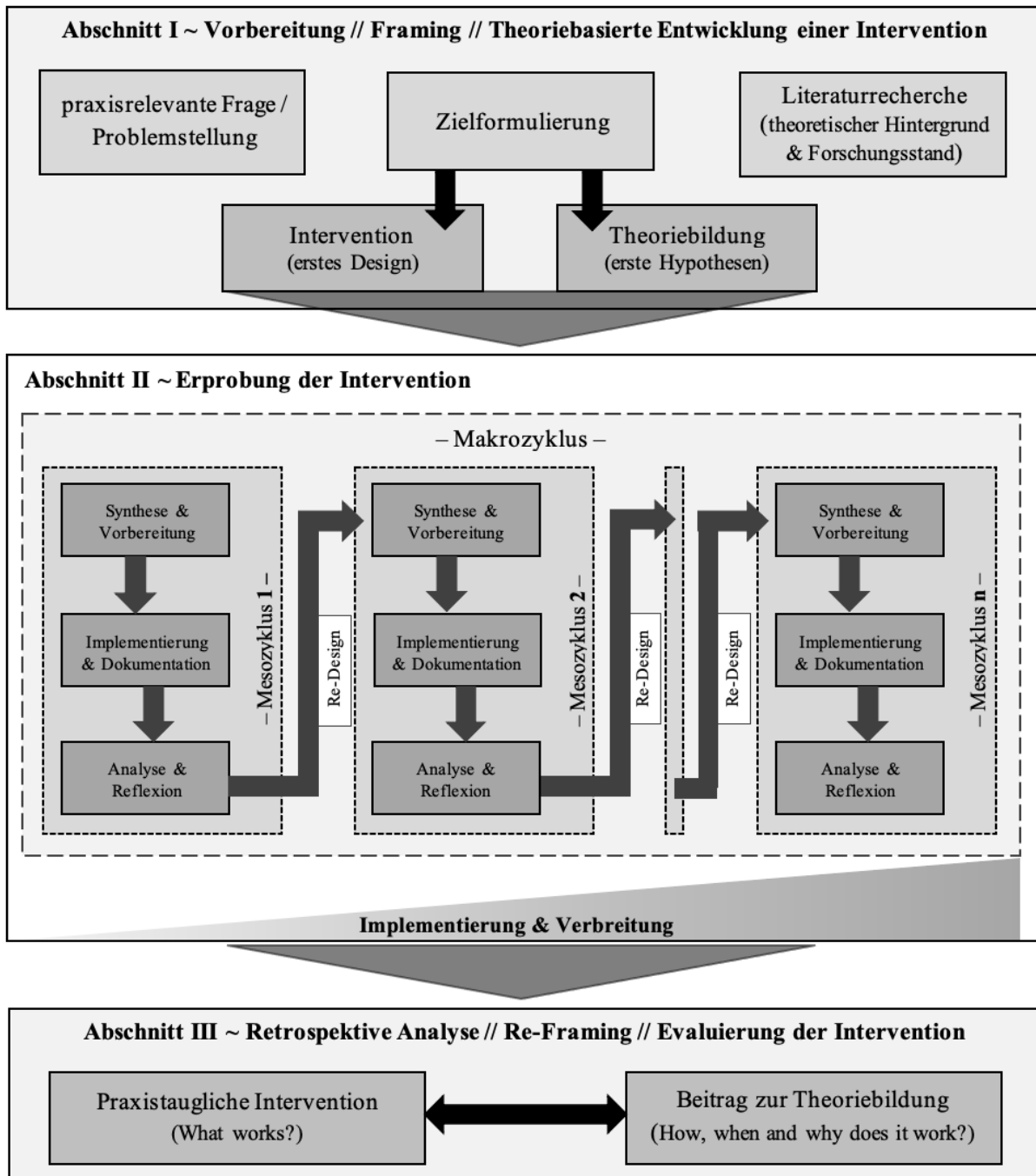


Abb. 2: Ablauf des DBR ~ Gesamtübersicht – eigene Darstellung

### 2.5.1 Vorbereitung und Entwicklung einer Intervention (Abschn. I)

Der Ausgangspunkt des DBR ist die Zusammenarbeit von Forschenden und Menschen aus der Praxis, um eine praxisrelevante Herausforderung zu ermitteln, d.h. ein ungelöstes Praxisproblem und/oder eine theoretisch begründete, anwendungsorientierte Frage bzw. Problemstellung (Prediger & Link, 2012, S. 41 bzw. s. Abb. 3). Im Laufe des DBR sollten daraus idealerweise empirisch fundierte, übertragbare Interventionen und Lehr-Lern-Theorien resultieren (Wilhelm et. al, 2012, S. 239).

Die ermittelte praxisrelevante Frage bzw. Problemstellung wird zunächst analysiert und theoretisch beschrieben (Framing). Sie gilt als vorläufig und kann im Laufe des DBR umformuliert oder sogar begründet editiert bzw. revidiert werden (Cobb et al., 2003, S. 10; McKenney & Reeves, 2012, S. 93). Auch die Zielformulierungen können jederzeit überarbeitet und an neue Erkenntnisse angepasst werden (Gravemeijer & Cobb, 2006, S. 48). DBR-Forschungsprojekte verfolgen i.d.R. zwei Zieldimensionen (s. Abb. 6). Die Entwicklung praktisch relevanter Interventionen, d.h. Unterrichtskonzepte, sowie die Weiterentwicklung wissenschaftlicher Theorien. Daher darf es „für die zu bearbeitende Problemstellung innerhalb des spezifischen Anwendungskontexts (noch) keine hinreichend theoretisch begründete didaktische Intervention“ (Brahm & Jenert, 2014, S. 46) geben. Daraus resultiert: Die relevantesten und geeignetsten (Lern-)Ziele aus fachlicher, didaktischer sowie (sonder-)pädagogischer Perspektive müssen konzipiert, statt aus Curricula etc. entliehen werden (Gravemeijer & Cobb, 2006, S. 49). Nach Prediger et al. (2012, S. 5) ist insbesondere in den weniger erforschten Bereichen Kreativität gefragt.

In den ersten Abschnitt eines DBR-Prozesses gehört eine intensive Literaturrecherche zu grundlegenden Themen der praxisrelevanten Frage bzw. Problemstellung (s. Abb. 3), um Kenntnis über den aktuellen Stand der Forschung zu bekommen (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 32 f.). Gleichzeitig wird auf das Erfahrungswissen von Lehrkräften zurückgegriffen (Kolbeck, 2019, S. 59).

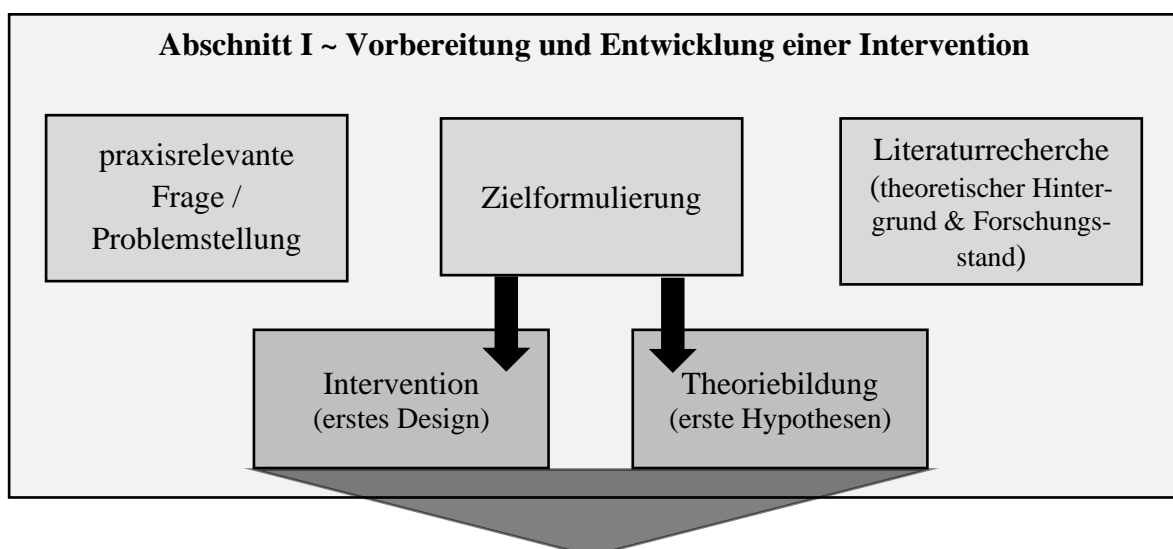


Abb. 3: Ablauf des DBR ~ erster Abschnitt – eigene Darstellung

Basierend auf der praxisrelevanten Frage bzw. Problemstellung, der Zielformulierung sowie der Literaturrecherche und den praktischen Erfahrungen werden ggf. erste Arbeitshypothesen zur Lösung formuliert (Britz, 2018, S. 74). Eine typische Diktion ist dabei nach Plomp (2007):

„Given my context, if I do < intervention (theory based) > then I expect < intended outcomes >“ (S. 17). Diese Hypothesen stellen den Ausgangspunkt für das erste Design der Intervention dar (Edelson, 2002, S. 106). Dies kann nach Prediger et al. (2012) von folgenden zentralen Fragestellungen geprägt werden:

- „Welche Lernaktivitäten sollen [...] mit welchen Aufgabenstellungen für welche Ziele initiiert werden?“
- Mit welchen Lehr-Lernmitteln können die Prozesse unterstützt werden?
- Wie können typische Hürden auf den Lernpfaden [...] umgangen oder überwunden werden?“ (S. 454)

Gängige Interventionen im Sinne des DBR sind z.B. eine Lehr-Lern-Einheit, eine Bewertungsart, eine administrative Veränderung, wie die Ausweitung einer Unterrichtsstunde auf 60 Minuten, oder eine technische Innovation (Anderson & Shattuck, 2012, S. 16). Das erste Design der Intervention wird zusammen mit den ggf. aufgestellten Hypothesen im zweiten Abschnitt während des Design-Experiments erprobt und re-designed.

## 2.5.2 Erprobung der Intervention (Abschn. II)

Die im ersten Abschnitt entwickelte Intervention wird daraufhin iterativ erprobt und evaluiert, „um lokale Lehr-Lern-Theorien weiter zu entwickeln“ (Prediger & Link, 2012, S. 40). Damit unterscheidet sich DBR von u.a. Laborexperimenten, da Lehrpersonen z.B. weiterhin für Nachfragen oder Anregungen zur Verfügung stehen (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 26).

Um gezielt die Intervention bzgl. ihrer Verläufe, Hürden, Wirkungsweisen und Bedingungen zu erforschen, sind iterative Zyklen besonders prädestiniert. Durch das kontinuierliche zyklische Vorgehen werden Interventionen wiederholt theoriebasiert (re-)designed, in der Praxis erprobt und analysiert (Rott, 2018, S. 93), um am Ende eine möglichst effiziente und passende Intervention zu erhalten (Gess et al., 2014, S. 15).

Ein Zyklus besteht aus vier Arbeitsschritten: *Synthese & Vorbereitung – Implementierung & Dokumentation – Analyse & Reflexion – (Re-)Design* (z.B. Bresges, 2018, S. 621; Britz, 2018, S. 74 f.; Rott, 2018, S. 106 ff.; Kolbeck, 2019, S. 60 ff.) und wird als Mesozyklus bezeichnet. Diese werden im Sinne des Design-Based-Research mehrfach hintereinander durchlaufen. Innerhalb der Phase *Implementierung- & Dokumentation* wird die Intervention „quasi on-the-fly“ (Bohlmann, 2016, S. 126) untersucht und angepasst.

In der Phase *Synthese & Vorbereitung* werden die Rahmenbedingungen (Wer? Was? Wo? Wann? etc.), d.h. Welche Schule(n)? Welche Lerngruppe(n)? usw., festgelegt. Die Fragen, Hypothesen und Ziele werden daraufhin konkretisiert und Einverständniserklärungen eingeholt

(Kolbeck, 2019, S. 60). Die Intervention wird anschließend in der unterrichtlichen Praxis erprobt und durchgeführt. Dabei werden Daten generiert und der Verlauf hinsichtlich der Qualitätssicherung systematisch dokumentiert (Rott, 2018, S. 93). Im Rahmen der *Analyse & Reflexion* erfolgt die Auswertung des Datenmaterials hinsichtlich der zuvor formulierten Fragestellungen, ggf. den aufgestellten Hypothesen und Zielen (Britz, 2018, S. 74). Aus der *Analyse & Reflexion* eines Mesozyklus kann sich in einem Design-Based-Research-Projekt eine neue Phase der *Synthese & Vorbereitung* entwickeln, d.h. ein weiterer Mesozyklus (s. Abb. 4). Alle Mesozyklen werden zu einem Makrozyklus zusammengefasst (s. Abb. 4; Gravemeijer & Cobb, 2006, S. 74).

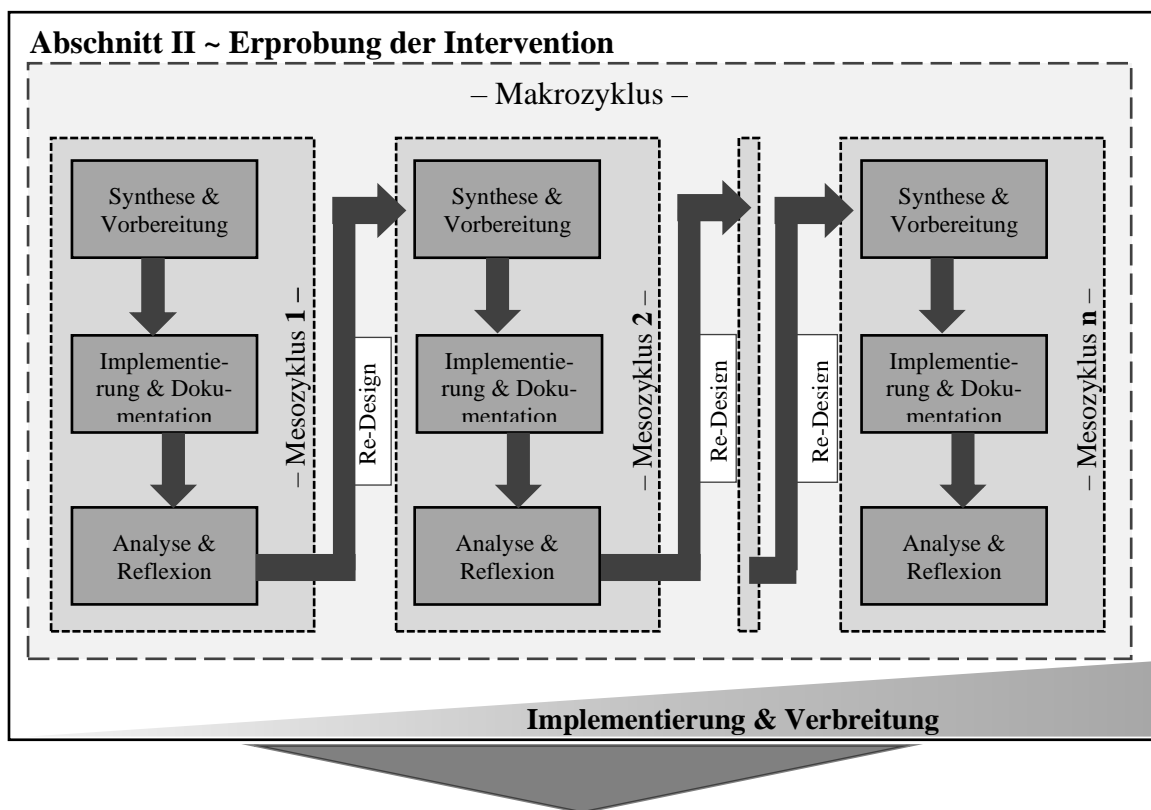


Abb. 4: Ablauf von DBR ~ zweiter Abschnitt – eigene Darstellung

Ein einzelner Turnus innerhalb der Phase *Implementierung & Dokumentation* wird als Mikrozyklus bezeichnet (s. Abb. 5; McKenney & Reeves, 2012, S. 126) und ist typisch für die Weiterentwicklung einer praxisrelevanten Frage bzw. Problemstellung (Prediger & Link, 2012, S. 41). Während eines Mikrozyklus wird die Interventionen wiederholt in der Praxis erprobt, evaluiert und (theoriebasiert) re-designed. Alle Mikrozyklen werden am Ende zusammen in der letzten Phase des übergeordneten Mesozyklus analysiert und reflektiert, um darauf basierend die Intervention vor dem nächsten Mesozyklus zu überarbeiten.

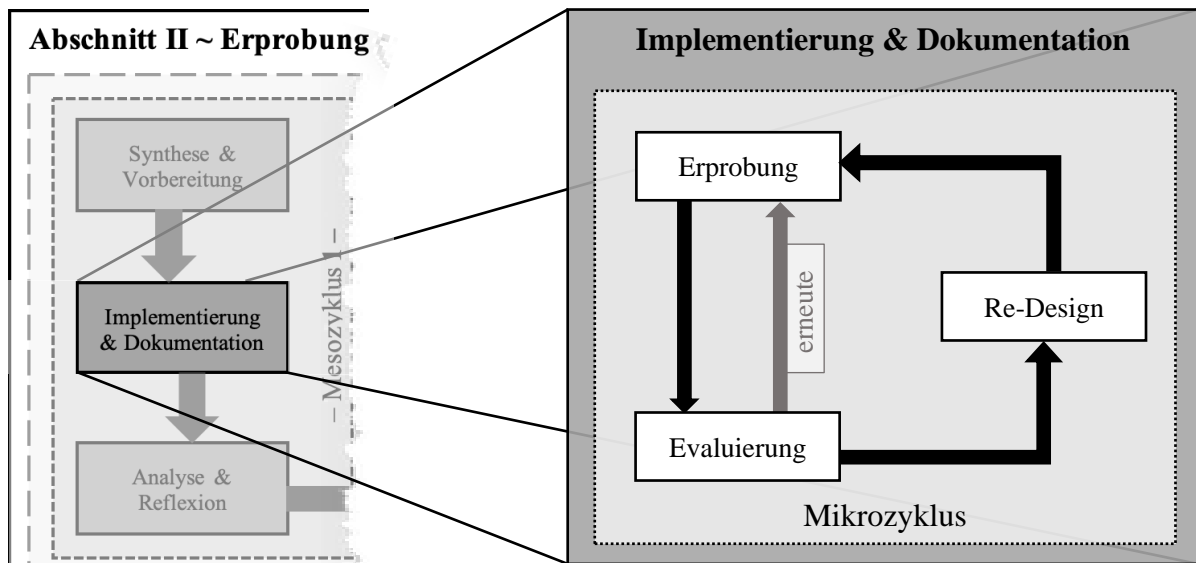


Abb. 5: Mikrozyklus im DBR – eigene Darstellung

Der erste Mesozyklus orientiert sich i.d.R. an der praxisrelevanten Frage bzw. Problemstellung, den Zielformulierungen sowie der Literaturrecherche und ggf. ersten Hypothesen aus dem ersten Abschnitt. Wenn sich herausstellt, dass diese falsch sind, werden sie nicht zurückgewiesen. Stattdessen bietet sich die Gelegenheit, aus Fehlern zu lernen und im zweiten Mesozyklus Theorien sowie die didaktische Intervention zu re-designen, d.h. weiter zu entwickeln und modifizierte Hypothesen zu formulieren (Euler, 2014, S. 19). Auf diese Weise ist es möglich, „Stolperstellen‘ nach und nach auszumerzen“ (Wilhelm & Hopf, 2013, S. 41), bis alle Probleme behoben sind (Collins et al., 2004, S. 18). Damit wird unterstrichen, dass der Fokus beim DBR auf dem Verstehen und Verändern der eingesetzten Intervention liegt (Rott, 2018, S. 93).

Weitere „Charakteristika für diese Phasen sind schwer zu formulieren, da jedes Forschungsprojekt in Abhängigkeit von der Problemstellung, der Zielsetzungen, den Rahmenbedingungen und den beteiligten Personen individuellen Abläufen und Regeln folgt“ (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 34).

Die Anzahl der Mesozyklen, die in einem DBR-Projekt iterativ durchlaufen werden, d.h. wie viele Mesozyklen ein Makrozyklus enthält, ist nicht vorgegeben (Britz, 2018, S. 74). Damit ergibt sich eine prinzipielle Unendlichkeit des design-basierten Forschungsablaufs, sodass (vorher) Kriterien festgelegt werden müssen, wann der zweite Abschnitt beendet wird.

### 2.5.3 Evaluierung der Intervention (Abschn. III)

Im abschließenden dritten Abschnitt soll die eingangs konstatierte, praxisrelevante Frage bzw. Problemstellung möglichst umfassend beantwortet werden. Dazu werden alle durchgeführten Mesozyklen in einer retrospektiven *Analyse & Evaluation* berücksichtigt. Dabei sollen

insbesondere Merkmale identifiziert werden, „die sich im Zuge der didaktischen Interventionen als gewinnbringend oder hinderlich erwiesen haben“ (Britz, 2018, S. 75). Gleichzeitig soll ein Beitrag zur Theoriebildung des Lehrens und Lernens geleistet werden (s. Abb. 6), der z.B. als *Prototyp* (Gravemeijer, 2001, S. 159 f.) oder „lokale Theorie“ (Prediger & Link, 2012, S. 39) bezeichnet wird. Der Beitrag zur Theoriebildung beinhaltet „mögliche Verläufe, eventuelle oder typische Hürden, Bedingungen und Wirkungen der eingesetzten Aufgabenstellungen und Unterstützungsmittel für den gegenstandsspezifischen Lernprozess“ (Prediger et al., 2012, S. 455). Somit sind diese Beiträge zur Theoriebildung als Kausalprozess-theorien aufzufassen (Bohlmann, 2016, S. 125 f.) und „sollen sowohl Einsicht in die realen Lehr-Lernprozess in Schulen ermöglichen, [sic!] als auch Prognosen und echte Handlungsleitlinien für das Lehrpersonal vor Ort bieten“ (Bresges et al., 2013, S. 1). Damit ist DBR anwendungsorientiert, d.h., die Interventionen müssen in konkreten und typischen Lehr-Lern-Situationen praktikabel sein (Britz, 2018, S. 72).

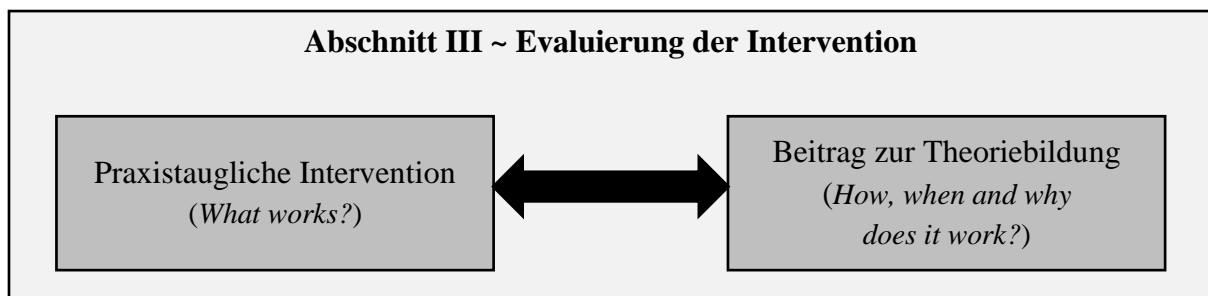


Abb. 6: Ablauf von DBR ~ dritter Abschnitt – eigene Darstellung

Anhand von DBR wird ersichtlich, dass (fachdidaktische) Theoriebildung von der Konzeption und Implementierung innovativer praxistauglicher Interventionen nicht nur profitiert, sondern diese erst ermöglicht (s. Abb. 6). In diesem Zusammenhang sind die Fragen *What works?* und *How, when and why does it work?* (Cobb et al., 2003, S. 13) äußerst relevant (McKenney & Reeves, 2012, S. 22) und verdeutlichen die Verbindung von Theorie und Praxis. Da beim DBR insbesondere die Problemanalyse entscheidend ist, soll dies bei der Theoriebildung berücksichtigt werden. Damit kann der dritte Abschnitt des DBR einerseits den Abschluss darstellen, andererseits weitere Forschungsdesiderate aufzeigen (Britz, 2018, S. 75).

## 2.6 Forschungsmethode(n) beim DBR

Beim DBR gibt es keine spezifischen Forschungsmethoden, sodass theoretisch alle Arten angewendet werden können (Bereiter, 2002, S. 330, zit. n. Rott, 2018, S. 94). Typisch für design-basierte Forschung ist jedoch, mehrere Quellen und Vorgehensweisen miteinander zu

triangulieren, d.h., sogenannte Mixed-Methods anzuwenden, also eine Kombination aus quantitativen und qualitativen Erhebungsinstrumenten (z.B. Collins et al., 2004, S. 36; Kohnen, 2012, S. 156; Wilhelm & Hopf, 2014, S. 39), um beabsichtigte, unbeabsichtigte und unerwartete Ergebnisse mit der Implementierung der Intervention in Verbindung bringen zu können (DBRC, 2003, S. 7).

Prinzipiell werden qualitative Methoden präferiert, „um die ablaufenden Prozesse detailliert beschreiben zu können“ (Rott, 2018, S. 94), da i.d.R. der Forschungsbereich noch weitestgehend unerforscht ist (Britz, 2018, S. 73). Des Weiteren geht es beim DBR nicht um die Effekte einer Intervention, sondern darum, die Effizienz einzelner Aspekte näher zu begreifen sowie die Bedingungen des Lehrens und Lernens (Prediger & Link, 2012, S. 39 f.). Das bedeutet, eine bloße summative Evaluierung von Lernergebnissen – z.B. durch ein Prätest-Posttest-Kontrollgruppen-Design, Berechnung von Mittelwerten etc., Ermittlung von Leistungsgrenzen und Zuschreibung von Defiziten (Rott, 2018, S. 96 f.) – liefert „keine ausreichenden Hinweise dafür, wie die einzelnen Komponenten des Lernarrangements [d.h. der Intervention] weiterentwickelt werden können“ (Prediger & Link, 2012, S. 40). Ansatzpunkte, wie diese Ergebnisse zustande gekommen sind, können sich durch qualitative Methoden herauskristallisieren, z.B. durch eine formative Analyse des Weges. Ein weiteres Argument, warum qualitative Methoden beim DBR präferiert werden, ist, dass in beiden Fällen häufig neue Hypothesen erst generiert werden (Britz, 2018, S. 73). Darüber hinaus ist zu bedenken, dass insbesondere im Bereich der Sonderpädagogik Probleme mit quantitativen Erhebungsmethoden auftreten können, wie z.B. bei schriftlichen Testverfahren aufgrund geringer(er) Lese-, Schreib- und Verständniskompetenzen oder bei mündlicher Befragung aufgrund von Sprachbarrieren oder beeinträchtigter kognitiver Verarbeitungskompetenzen der Lernenden (Rott, 2018, S. 96 f.).

DBR-Forschung mit stark qualitativem Fokus wird vor allem Grenzen vorgeworfen, die prinzipiell jeden qualitativen Ansatz betreffen. Diese bestehen u.a. darin, dass es eine Vielzahl von Variablen gibt, da die Implementierung der Intervention in realen Bildungssituationen stattfindet. Mit qualitativen Methoden „ist es kaum bis gar nicht möglich, eine bestimmte zu überprüfende Variable zu separieren und zu kontrollieren“ (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 19). Eine Kontrolle oder Reduktion der Variablen würde die reale Bildungssituation und somit die Generierung einer praxistauglichen Intervention sowie den Beitrag zu Theoriebildung im Sinne von DBR verfälschen (Rott, 2018, S. 94). „Stattdessen sollen alle relevanten Variablen als solche identifiziert und die Gesamtsituation charakterisiert werden“ (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 25). Die Auswahl der Variablen, die in der Analyse berücksichtigt werden, muss reflektiert und ausführlich begründet werden.

Hinzu kommt beim DBR eine begrenzte Anzahl von Stichproben, die jedoch durch die begrenzten Forschungsressourcen gerechtfertigt ist (Euler, 2014, S. 32 f.). Diese (zu) kleinen Stichproben und das weitestgehend offene, nicht standardisierte Verfahren erschweren den Einsatz von Methoden, die eine statistische Signifikanz nachweisen können. Qualitative Forschung kann demnach „den klassischen Gütekriterien der quantitativen Forschung (Objektivität, Realität und Validität) nicht bzw. in nur Teilen gerecht werden“ (Britz, 2018, S. 73). Daher hat Steinke (1999) sieben Kernkriterien zur Bewertung qualitativer Forschung formuliert:

1. „Intersubjektive Nachvollziehbarkeit
2. Gegenstandsangemessenheit der Forschungsmethoden und des -prozesses
3. Empirische Verankerung der Theoriebildung und -prüfung: Begründung anhand von Beispielen
4. Limitation: Explikation der Stichprobe und der Reichweite der Ergebnisse
5. Reflektierte Subjektivität
6. Kohärenz der entwickelten Theorie oder Hypothesen: Schlüssigkeit der Interpretationen
7. Relevanz (Anschlussfähigkeit) der Fragestellung und [der] degenerierten Theorie“ (zit. n. Britz, 2018, S. 73).

Diese Kriterien werden als praktische Signifikanz bezeichnet. Das bedeutet, eine Intervention kann effizient für die Praxis sein, obwohl die statistische Signifikanz zu gering ist (Brahm & Jenert, 2014, S. 53). Auch wenn ggf. kein Effekt mittels statistischer oder praktischer Signifikanz nachweisbar ist, sollte beim DBR überprüft werden, welche Wirkung eine Intervention auf die Lernenden hat (z.B. ein gesteigertes Wohlbefinden, Selbstwertgefühl o.ä.) (Brahm & Jenert, 2014, S. 54). Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse von DBR stark an ihren Kontext gebunden sind. Dies und die daraus nur bedingte Verallgemeinerung muss in der Reflexion berücksichtigt werden (Rohrbach-Lochner, 2019, S. 24). Praxistaugliche Interventionen und Beiträge zur Theoriebildung können und sollten, wie es wissenschaftlich üblich ist, in anderen Kontexten, d.h. in sich anschließenden Forschungsprojekten, überprüft werden (Rott, 2018, S. 95).

## **2.7 Methodisches Vorgehen in der vorliegenden Arbeit**

Entsprechend des Ablaufs von DBR erfolgt im nächsten Abschnitt die theoriebasierte Entwicklung einer Intervention. Es wird eine Literaturrecherche zum theoretischen Hintergrund und dem Forschungsstand zu *Teilhabe an Bildung* aus der Perspektive der Pädagogik und Didaktik der kognitiven Beeinträchtigung, der Physikdidaktik und der Medienpädagogik durchgeführt. Dieser Schwerpunkt wird in den folgenden Kapiteln jeweils begründet. Im Anschluss an die



Literaturrecherche wird das erste Design einer Intervention entwickelt und vorgestellt. Damit wird das Design der Intervention den Vorgaben entsprechend mit der Weiterentwicklung von Theorien kombiniert, wobei der Fokus auf dem Aspekt liegt, Teilhabe für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung am physikalischen Experimentieren zu optimieren.

Im nächsten Abschnitt wird die Intervention im experimentellen Physikunterricht bei Lerngruppen im Bildungsgang Geistige Entwicklung eingesetzt und die Implementation videografiert. Die Aufzeichnungen werden im Anschluss im Rahmen einer Qualitativen Inhaltsanalyse kategorisiert, analysiert, interpretiert und reflektiert. Darauf basierend wird die Intervention iterativ weiterentwickelt und erforscht, da die Erkenntnisse jedes Zyklus in das Design des nächsten einfließen.

Im dritten Abschnitt findet gemäß dem DBR, basierend auf dem Makrozyklus, eine formative Reflexion statt, bei der Reflexionsprozesse der Handlungen und Beobachtungen berücksichtigt werden, die für die Weiterentwicklung zukünftiger Handlungsweisen ausschlaggebend sind (Clarke & Dawson, 1999, S. 7 ff., Flick, 2006, S. 14). Aufgrund der iterativen Vorgehensweise können an dieser Stelle neue Fragestellungen und Hypothesen auftreten, die in zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden müssen.

Die Intervention wird anhand ihres praktischen Nutzens beurteilt, d.h. hinsichtlich ihrer ökonomischen Validität und Praxisorientierung. Am Ende dieses Abschnitts wird im Austausch zwischen Forschung und Praxis einerseits eine praxistaugliche Intervention (*What works?*) entwickelt, andererseits werden *lokale Theorien* generiert (*How, why and when does it (not) work?*). Diese können z.B. für die Entwicklung weiterer Interventionen für andere Themen im Physikunterricht, andere Fächer, andere Altersstufen, Lernende mit anderen Diversitätsdimensionen, andere Bildungsgänge, andere Schulformen etc. genutzt werden. Dadurch können die *lokalen Theorien* sukzessive generalisiert werden.

## I Abschnitt: Vorbereitung und Entwicklung einer Intervention

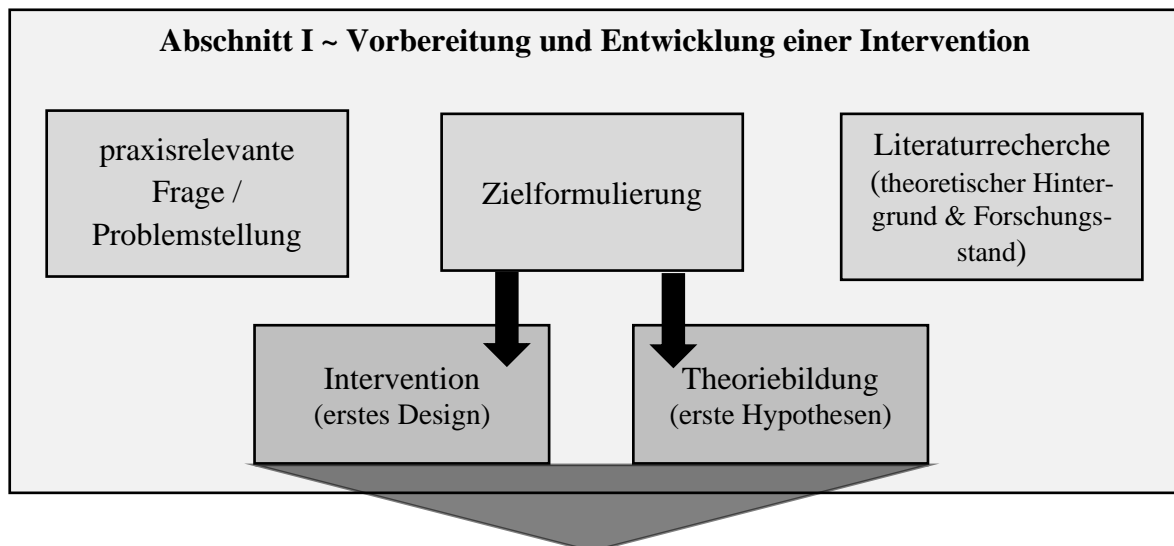


Abb. 3: Ablauf des DBR ~ erster Abschnitt – eigene Darstellung

»*Omnes omnia omnino excoli!*«

(dt. Übersetzung: *Alle alles ganz zu lehren!*  
Comenius – „*Didactica magna*“ 1658)

---

### 3 Teilhabe: ein universelles Menschenrecht

Einen wichtigen Meilenstein in der Behindertenpädagogik und -politik im Hinblick auf Teilhabe stellt die im Jahr 2008 von der Bundesrepublik Deutschland ratifizierte UN-BRK dar. Sie zielt darauf ab, Menschen mit Behinderungen das Recht auf ein gesellschaftliches Leben grundsätzlich zu garantieren, wozu u.a. Teilhabe am schulischen Bildungssystem gehört (Bundesvereinigung Lebenshilfe, 2009, S. 3). Damit hat sich die UN-BRK in den letzten Jahren maßgeblich auf das Schulsystem und die Teilhabe an Bildung in Deutschland ausgewirkt.

In diesem Kapitel wird zunächst der Begriff der Teilhabe im Sinne der UN-BRK im Zusammenhang mit den Begriffen *Behinderung* und *Beeinträchtigung* erläutert. Daran anknüpfend, wird er konkretisiert und ein theoretischer Rahmen für die schulische Teilhabe bzw. Teilhabe an und durch Bildung herausgearbeitet. Im Anschluss wird gemäß dem DBR-Ansatz die für diese Arbeit grundlegende praxisrelevante Problemstellung aufgezeigt.

#### 3.1 Behinderung, Beeinträchtigung und Teilhabe im Sinne der UN-BRK

Das Recht auf einen gleichberechtigten Zugang zu Bildung ist für alle Menschen, also auch für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, in der UN-BRK völkerrechtlich verankert. Mit der Ratifizierung hat sich die Bundesrepublik Deutschland gesetzlich verpflichtet, eine gleichberechtigte und umfassende Teilhabe an allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens für alle Menschen – mit oder ohne Behinderung – zu ermöglichen. Der Begriff der *gleichberechtigten Teilhabe* wird dabei nicht an gleiche Voraussetzungen gekoppelt, sondern berücksichtigt explizit Differenz und Ungleichheit (Schuppener et al., 2014, S. 11). Damit schafft die UN-BRK keine Sonderrechte, sondern konkretisiert und spezifiziert die universellen Menschenrechte aus der Perspektive von Menschen mit allen Diversitätsdimensionen vor dem Hintergrund ihrer jeweils speziellen Lebenslage.

Die UN-BRK formuliert keine präzise Definition des Begriffs *Behinderung*, weil „das Verständnis von Behinderung sich ständig weiterentwickelt und [...] Behinderung aus der Wechselwirkung zwischen Menschen mit Beeinträchtigungen und einstellungs- und umweltbeding-

ten Barrieren entsteht, die sie an der vollen, wirksamen und gleichberechtigten Teilhabe an der Gesellschaft hindern“ (Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen, 2018, S. 5). Demnach entsteht eine Behinderung, wenn Menschen nicht gleichberechtigt am Leben in der Gesellschaft teilhaben können, z.B. im Bereich Bildung, Arbeit, Politik und Kultur. Nach diesem Verständnis sind Menschen nicht behindert, sondern sie werden behindert bzw. als behindert definiert. Damit bricht die Konvention mit der bis dahin geläufigen Vorstellung des medizinischen Modells, das Behinderung „als Abweichung von einer ‚Norm‘“ (Booth & Ainscow, 2019, S. 59) betrachtet, der mit Diagnose, Therapie und Förderung begegnet werden muss. Behinderung wird nicht länger als eine Tatsache angesehen, sondern als die Folge negativer Wechselwirkungen zwischen einer Person und der jeweiligen Umwelt bzw. dem Verhältnis zwischen Menschen mit und ohne Beeinträchtigungen. Damit entsteht ein Menschenbild, das jeder Person Ressourcen zuschreibt, die für eine Teilhabe aktiviert und gefördert werden können und müssen.

Diese neue Leitidee der UN-BRK zum Verständnis von Behinderung wird sehr positiv bewertet. So wird beispielsweise die UN-BRK als „ein Quantensprung in der Politik für Menschen mit Behinderungen“ (Evers-Meyer, 2011, S. 29) sowie als „Paradigmenwechsel“ (Stahl, 2010, S. 5) aufgrund der beschriebenen Abkehr vom medizinischen Modell bezeichnet. Damit wird eine vorwiegend negative, defizitorientierte Betrachtung durch einen Diversitätsansatz abgelöst, der Beeinträchtigungen als Bestandteil menschlicher Normalität anerkennt. In Deutschland wurde, basierend auf diesem Verständnis, der Artikel 3 des Grundgesetzes um den Satz erweitert: „Niemand darf wegen seiner Behinderung benachteiligt werden“ (Bundeszentrale für Politische Bildung [BPB] 2005, S. 13).

Im Einklang mit dem Verständnis der UN-BRK steht die Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF) (Deutsche Agentur für Health Technology Assessment [DAHTA], 2005) der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Mithilfe der ICF sollen funktionale Gesundheitszustände, Behinderungen sozialer Beeinträchtigung und relevante Umgebungsfaktoren eines Menschen einheitlich und standardisiert beschrieben werden, und zwar fach- und länderübergreifend. In der ICF werden in einem Modell die komplexen Wechselwirkungen und die dynamische Interaktion zwischen den individuellen bio-psycho-sozialen Aspekten, die zu einer gesundheitsbedingten Teilhabestörung führen können, erfasst und dargestellt (s. Abb. 7) sowie Gesundheit, Krankheitsfolgen und Behinderung beschrieben. Die Kategorien der ICF und die Version für Kinder und Jugendliche, die ICF-CY (Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information [DIMDI], 2019) bewirken, dass die

Barrieren nicht mehr in Personen verortet und gesehen werden, sondern der Blick geweitet wird und potenzielle Barrieren in Bezug auf Aktivität für jeden Menschen differenziert betrachtet werden (z.B. Amrhein & Reich, 2014, S. 37; Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 35). Teilhabe wird in der ICF als „Einbezogenheit in eine Lebenssituation“ und Behinderungen „nicht mehr wie früher als (irreparable) körperliche Schädigung“, sondern als eine „gesundheitsbedingte Teilhabestörung“ (Schuntermann, 2011, S. 3) definiert. Damit wird der defizitorientierte Ansatz der ersten Klassifikation der WHO, der International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps (ICIDH) (Matthesius, 1995) durch einen ressourcenorientierten ersetzt. Die ICF soll in Verbindung mit der aktuellen, der 11. Version der International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD) (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte [BfArM], 2022), genutzt werden, da die ICD systematisch Krankheiten und Beeinträchtigungen weltweit erfasst.

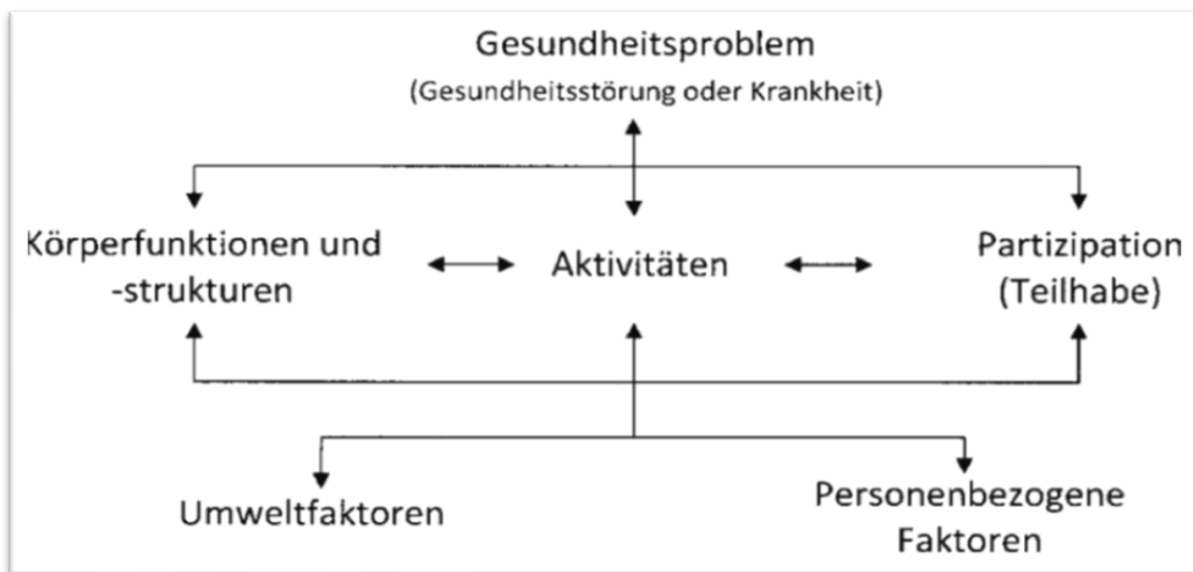


Abb. 7: Bio-psycho-soziales Modell der ICF – entnommen aus DIMDI, 2005, o.S.

Das bio-psycho-soziale Modell der ICF ist international anerkannt und Grundlage, Teilhabe oder Gesundheit eines Menschen differenziert darzustellen. Die zentralen Begriffe des bio-psycho-sozialen Modells, die miteinander korrelieren, sind:

1) Funktionsfähigkeit und Behinderung mit den Komponenten

- Körperfunktionen und -strukturen
- Gesundheitsproblem (Gesundheitsstörung oder Krankheit)
- Aktivitäten und
- Partizipation (Teilhabe).

Diese Aspekte beeinflussen sich gegenseitig und stehen darüber hinaus in Wechselwirkung mit

2) Kontextfaktoren mit den Komponenten

- Umweltfaktoren und
- Personenbezogene Faktoren.

Demnach wird Aktivität und somit Teilhabe durch Gesundheit, körperliche Funktionen bzw. Strukturen sowie personenbezogene und/oder Umweltfaktoren beeinflusst. Dadurch „ermöglicht [das bio-psycho-soziale Modell] eine differenzierte Beschreibung und die Einbeziehung nicht nur von Barrieren, sondern auch von Ressourcen“ (Prütz & Lange, 2016, S. 1103). So können Kontextfaktoren z.B. in Form von inadäquaten Unterrichtsmaterialien einen negativen oder in Form von Assistiven Technologien (AT) einen positiven Effekt auf Teilhabe ausüben. Das Modell verdeutlicht darüber hinaus, dass die unterschiedlichen Faktoren in enger Wechselwirkung miteinander stehen und Beeinträchtigungen kontextabhängig sind, „da niemand jederzeit und in allen Kontexten eine Behinderung erfährt“ (Bosse, 2017a, S. 15). Dies konkretisiert, dass sich Barrieren und Behinderungen deutlich unterscheiden, je nach vorliegender Art der Beeinträchtigung, Situation und Unterstützung. Damit macht das bio-psycho-soziale Modell deutlich, „dass Menschen mit Beeinträchtigungen nicht als eine einheitliche Gruppe betrachtet werden können, weil sie [...] ganz unterschiedliche Voraussetzungen und Bedarfe mitbringen“ (Bosse & Hasebrink, 2016, S. 13).

Erfreulich ist, dass sich Deutschland mit der Ratifizierung der UN-BRK zu dieser zeitgemäßen Behindertenarbeit und -sichtweise bekennt und sich dem Sprachgebrauch der ICF annähert. Dies zeigt sich z.B. darin, dass das Sozialgesetzbuch IX Behinderung ebenfalls über die Beeinträchtigung der Teilhabe definiert (Bundesministerium für Arbeit und Soziales [BMAS], 2013, S. 8). Auch in ihrem Teilhabebericht greift die Bundesregierung internationale Tendenzen auf, indem sie dort zwischen Beeinträchtigung und Behinderung unterscheidet. „Behinderungen sind stets mehrdimensional mit Blick auf unterschiedliche Ebenen der Beeinträchtigung zu betrachten“ (BMAS, 2013, S. 63).

Daher werden im Teilhabebericht der Bundesregierung als logische Konsequenz Teilgruppen nach der Art der Beeinträchtigung unterschieden:

- Menschen mit Sehbeeinträchtigungen
- Menschen mit Hörbeeinträchtigungen
- Menschen mit körperlichen und motorischen Beeinträchtigungen
- Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen.

Für den vierten Personenkreis werden beispielsweise kognitive Funktionen in der Wechselwirkung mit Partizipationsmöglichkeiten und Kontextfaktoren bei Menschen mit und ohne Beeinträchtigungen verglichen (Bosse, 2017a, S. 18). Wenn dabei Unterschiede in der Teilhabe festgestellt werden, ist das ein Hinweis auf eine mögliche Benachteiligung und Behinderung. Dieses Verständnis wird in der vorliegenden Arbeit zugrunde gelegt.

Der Teilhabebericht der Bundesrepublik verdeutlicht auch, dass noch geeignete Indikatoren fehlen, um Barrieren bzw. Teilhabe abbilden zu können. (Wenzel & Morfeld, 2016, S. 1127). Selbst in der ICF ist kein Konzept für Teilhabe entwickelt worden. Stattdessen wird der Begriff äquivalent mit dem der Aktivität gesetzt (Schuntermann, 2011, S. 4). Trotzdem sollen mit „einem breiten Spektrum an direkten Unterstützungsleistungen, Maßnahmen und Aktivitäten“ (BMAS, 2013, S. 274) die politischen Ziele erreicht werden. Diese sind konkret: die Vermeidung von Benachteiligungen und gleichberechtigte Teilhabechancen von Menschen mit Beeinträchtigungen.

### **3.2 Teilhabe – Teilnahme – Teilgabe**

In der englischen Originalversion der ICF wird das Wort *participation* verwendet, was sowohl Teilhabe als auch Partizipation beschreibt (Brütt et al., 2016, S. 1069 f.). Daher werden im Deutschen die Begriffe *Teilhabe* und *Partizipation* inzwischen häufig synonym verwendet (Biewer, 2017, S. 149). „Dies steht auch im Einklang mit der Ableitung des Wortes aus dem lateinischen ‚participium‘ im Sinne von ‚Anteil haben‘ oder ‚beteiligt sein‘“ (Kluge, 1999, S. 615). Partizipation geht für Schwalb und Theunissen (2009) über aktiv beteiligt oder ein Teil sein von etwas hinaus und impliziert das Recht auf Mitsprache, konkrete Mitgestaltungsmöglichkeiten sowie Mitbestimmung (S. 8 f.). Dies bedeutet u.a., dass Menschen mit Beeinträchtigungen bei der Gestaltung oder Umgestaltung gesellschaftlicher Bereiche, wie beispielsweise des Bildungswesens, im Sinne der programmatischen Formel „Nichts über uns ohne uns“ (Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen, 2018, S. 2) einbezogen werden müssen.

In der UN-BRK wird Teilhabe als das „Recht aller Menschen, unabhängig von ihren Fähigkeiten, Merkmalen oder der Herkunft in der Gemeinschaft gleichberechtigt mit anderen zu leben und in der Gesellschaft mitzubestimmen“ (Schäfers et al., 2012, S. 1 zit. n. Brütt et al., 2016, S. 1068), definiert. Das Recht stellt somit den wichtigsten Prüfstein für ihre Umsetzung dar. Demnach ist Teilhabe mehr als nur dabei sein (Teilsein). Vielmehr besteht sie aus einer teilhabenden Handlung oder Aktion sowie einer teilhabenden Person. Teilhabe kann nach Booth und

Ainscow (2019) auch gegeben sein, wenn keine teilhabende Handlung oder Aktion stattfindet, sich die teilhabende Person aber einbezogen und akzeptiert fühlt (S. 36). Für Fuchs (2015) ist der Teilhabe die Teilnahme vorgelagert, denn: „[w]er Teil haben will (Teilhabe), muss ihn sich zuerst nehmen (Teilnahme). [...] Das bedeutet, dass das, was man haben will, man anderen nehmen muss und diese bereit sein müssen, es auch wegzugeben [Teilgabe]“ (o.S.). Teilhabe ist demnach keine Einbahnstraße, sondern ein Geben und Nehmen auf beiden Seiten, da Personen, die teilnehmen wollen, auch etwas geben, verändern und sich aktiv am Geschehen beteiligen müssen (Adl-Amin et al., 2020, S. 109 f.). Heimlich (2014) betont, dass auch Menschen mit einer kognitiven Beeinträchtigung aktiv beteiligt und selbst bereit sein müssen, etwas geben zu wollen (S. 4).

Teilgabe setzt für Fuchs (2015) entweder freiwillige Ziele, Überzeugung, Nutzungserwartung oder akzeptable Gründe wie pädagogisch-psychologische Argumente oder Selbstwirksamkeit voraus. „Man muss spüren (und zwar auf beiden Seiten), es bringt mir etwas, wenn ich partizipiere, es wird eine Wirkung meiner Partizipation sichtbar, die mich spüren lässt, dass ich für das Ganze eine Bedeutung habe“ (o.S.). Beck (2013) arbeitet heraus, dass damit im Sinne der ICF die Wechselwirkung zwischen Partizipationsmöglichkeiten, Funktionsfähigkeit und Kontextfaktoren betont wird (S. 5). Demnach spielen bei Teilhabe die Ebenen Gesellschaft, Prozesse und Individuum eine entscheidende Rolle.

*„Gesellschaftlich verweist Teilhabe auf förderliche Bedingungen, Ressourcen und Möglichkeiten für ein selbstbestimmtes Eingebundensein. Als Prozess zeigt sich Teilhabe in den Möglichkeiten zur Teilnahme, Beteiligung, Mitwirkung und Mitbestimmung in persönlichen, öffentlichen und politischen Angelegenheiten. Vom Individuum aus betrachtet, lässt sich Teilhabe als Handlungs- und Gestaltungsspielraum für die persönliche Lebensführung und Alltagsbewältigung verstehen“* (Brütt et al., 2016, S. 1068).

Dafür muss Teilhabe vom Individuum wahrgenommen werden können, wofür u.a. ein Lernprozess sowie die sogenannte Stärken-Perspektive eine essenzielle Rolle spielen. Dieser Perspektive liegt die Annahme zugrunde, dass es fruchtbarer ist, an den Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen anzusetzen, als der Person Probleme, Defizite, Fehlverhaltensweisen, Leistungsversagen o.ä. vor Augen zu führen. Demnach sollen in erster Linie Wege aufgezeigt werden, die den Einzelnen zur Entdeckung individueller Stärken und zur Entwicklung neuer Handlungskompetenzen (Bewältigungsmuster) animieren (sollen).

Es geht also darum, bei Betroffenen Affirmation zu evozieren, um eigene Angelegenheiten selbst in die Hand zu nehmen und eigenständig zu bewältigen (Theunissen & Schwalb, 2009,



S. 26 f.). Teilhabe bedeutet demnach auch ein neues Denken darüber, dass jeder Mensch etwas beitragen kann, unabhängig davon, wie eingeschränkt die jeweiligen physischen, psychischen oder sozialen Möglichkeiten sind. Dabei muss zwischen Handlung bzw. Leistung unterschieden werden, also dem, was eine Person tut und der Leistungsfähigkeit, d.h. dem, was eine Person tun könnte, wenn es die Situation zulässt oder verlangt. Da es nach dem BMAS (2013) „eine große Gruppe von Menschen gibt, die trotz ihrer erheblichen Beeinträchtigungen ein hohes Maß an Teilhabe realisieren können“ (S. 13), sind nicht eine Therapie des Individuums, sondern vor allem Veränderungen der Umweltfaktoren und kontextbezogene Unterstützungsmaßnahmen erforderlich (Bartelheimer & Henke, 2018, S. 14; Linden, 2016, S. 1151).

Im systemtheoretischen Ansatz ist Teilhabe eine Leitidee, die niemals vollständig realisierbar sein wird. Diese geht davon aus, dass eine Gesellschaft aus zahlreichen Subsystemen besteht. Jeder Mensch hat an einigen teil, an anderen dagegen nicht, d.h., es gibt kein unbegrenztes Teilhaberecht. Wird das Menschenrecht auf Teilhabe zum Dogma einer Teilhabepflicht überhöht, „kollidiert es zwangsläufig mit anderen Rechten, etwa auf Privatsphäre, Freizügigkeit, freie Entfaltung der Persönlichkeit oder sogar mit dem Recht auf Leistungsvergleich und Konkurrenz“ (Lindemann, 2017, S. 15).

Menschen mit Beeinträchtigung haben an Subsystemen wie z.B. der ‚Behindertenhilfe‘ teil, während Menschen ohne Beeinträchtigung daran nicht teilhaben, sofern sie nicht professionell beteiligt sind (Exner, 2007, S. 187). Genau betrachtet nehmen z.B. Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen an allen in der ICF genannten Lebensbereichen teil, allerdings im Rahmen ihres Subsystems, einer Art Parallelwelt. Es geht also nicht nur um inhaltlich beschriebene Lebensbereiche, sondern auch darum, in welchen Strukturen sich die damit verbundenen Aktivitäten abspielen. Teilhabe im Rahmen eines Sondersystems oder Teilhabe im Rahmen der „allgemeinen Welt“? (Erhardt & Grüber, 2011, S. 35 f.) Teilhabe bedeutet für Menschen (mit kognitiver Beeinträchtigung) zunächst einmal: Aufhebung der Segregation und ein so normales Leben wie möglich. Verbunden mit der Teilhabe sind einerseits Daseinsentfaltung sowie ein unabhängiges, selbstbestimmtes und gleichberechtigtes Leben. Andererseits kommen Zufriedenheit, erlebte gesundheitliche Lebensqualität, Anerkennung und Wertschätzung in den für eine Person wichtigen Lebensbereichen hinzu (Schuntermann, 2004, S. 28).

Deshalb ist Teilhabe sowohl ein politischer Leitbegriff als auch ein Reformansatz, um die Rahmenbedingung der UN-BRK umzusetzen (Beck, 2013, S. 5). Die Befähigung des Einzelnen zur Teilhabe benötigt klare gesellschaftliche Voraussetzungen wie beispielsweise den Zugang zu Bildung. Um dies zu erreichen, müssen alle Barrieren, die diesem Ziel im Wege stehen, Schritt

für Schritt abgebaut werden. Dies gilt für strukturelle Barrieren genauso wie für Barrieren in den Köpfen.

### 3.3 Teilhabe im Unterricht

Die beschriebenen politischen Entscheidungen und Rechte haben Einfluss und Auswirkungen auf schulische Gegebenheiten und Anforderungen. So besteht mit der Unterzeichnung der UN-BRK der politisch verpflichtende Auftrag, alle gesellschaftlichen Bereiche, also auch Bildung, so zu gestalten, dass alle Menschen selbstverständlich und möglichst ungehindert daran teilhaben können. Dabei ist insbesondere der Artikel 24 der UN-BRK von besonderer Bedeutung:

*„Bei der Verwirklichung dieses Rechts stellen die Vertragsstaaten sicher, dass Menschen mit Behinderungen nicht aufgrund von Behinderung vom allgemeinen Bildungssystem ausgeschlossen werden [...]; angemessene Vorkehrungen für die Bedürfnisse des Einzelnen getroffen werden; Menschen mit Behinderungen innerhalb des allgemeinen Bildungssystems die notwendige Unterstützung geleistet wird, um ihre erfolgreiche Bildung zu erleichtern“ (UN-BKR, Art. 24, 2, a–e).*

Dieser Auftrag wird von der Kultusministerkonferenz (KMK) (2010) aufgegriffen und expliziert: „Zentrales Anliegen der Behindertenrechtskonvention in der Bildung ist die Einbeziehung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderung in das allgemeine Bildungssystem“ (S. 3).

Für die Umsetzung der UN-BRK werden das universelle Design (Art. 2), die Bereitstellung von (Assistiven) Technologien (Art. 4) sowie eine Forschung, Entwicklung, Information, Schulung und die Gewährleistung von Barrierefreiheit (Art. 9) international festgelegt. Auf diese Punkte wird im späteren Verlauf der vorliegenden Arbeit genauer eingegangen.

Die oben dargestellte Sichtweise der ICF auf Beeinträchtigung beeinflusst die Ausrichtung sonderpädagogischer Förderung in der Schule und definiert Teilhabe als eine selbstverständliche Verpflichtung, allen Lernenden dieselben Bildungs- und Entwicklungschancen zu bieten (Bartelheimer & Henke, 2018, S. 31). Teilhabe im pädagogischen Sinne zielt vor diesem Hintergrund auch auf die Unterstützung der selbstbestimmten sozialen Teilhabe aller Menschen in allen gesellschaftlichen Bereichen ab (Hellmich, 2015, S. 15). „Menschen haben“ laut dem BMAS (2013) „insbesondere dann ein höheres Risiko, vom gesellschaftlichen Leben ausgeschlossen zu werden, wenn gesundheitliche Beeinträchtigungen mit niedrigem Bildungs- und/oder Berufsabschluss einhergehen“ (S. 16). Teilhabe kann demnach durch Bildung realisiert werden, wofür eine Teilhabe an hochwertiger Bildung für alle Menschen Voraussetzung ist

(Erhardt & Grüber, 2011, S. 50). Gleichzeitig muss Bildung per se schon Teilhabe sein, denn Teilhabe zu lernen, ist dann einfacher, wenn die Person selbst teilhaben darf. Dies alles ruft nach einem Unterricht, der sich an Teilhabe orientiert und dabei die aktuellen Bedürfnisse der Lernenden ebenso berücksichtigt wie die künftige Verwendung des Gelernten (Pitsch & Thümmel, 2005, S. 20).

Bedauernswerter Weise wird dies teilweise noch immer mit der reinen Anwesenheit von Lernenden mit Beeinträchtigungen im Unterricht gleichgesetzt (Ehmen & Lindemann, 2016, S. 177). Bloße Anwesenheit bedeutet jedoch nicht automatisch eine Teilhabe. Stattdessen kann Teilhabe, wie oben beschrieben, durch möglichst förderliche Kontextfaktoren verbessert bzw. realisiert werden. In der UN-BRK wird das Menschenrecht auf Bildung für Menschen mit Beeinträchtigungen in Bezug auf folgende vier Strukturmerkmale konkretisiert: Verfügbarkeit, Zugänglichkeit, Akzeptierbarkeit und Anpassungsfähigkeit. Es wird betont, dass auf die individuellen Bedürfnisse und Unterstützungsanforderungen eingegangen werden muss. Es geht auch um zielgruppenspezifische Lernangebote sowie deren Qualität und lernförderliche Gestaltung entsprechend den individuellen Bedürfnissen und Besonderheiten der Lernenden (BMAS, 2013, S. 82). Aktuell können in Bezug auf die Teilnahme von Lernenden im (Fach-)Unterricht zwei Perspektiven unterschieden werden:

- Synthese aus obligatorischen und fakultativen Curriculumsanteilen (z.B. Prengel, 2016, S. 56)
- allumfassende Partizipation, z. T. auch Selbstbestimmung (z.B. Boban et al., 2012, S. 176)

Dafür bedarf es u.a. einer systematischen Bestandsaufnahme und Analyse von individuellen oder zielgruppenspezifischen Einflussfaktoren, die im Bildungssystem die Teilhabe ermöglichen bzw. behindern, damit „Beziehungen, Lernkulturen, Lernzugänge und Lerninhalte sowie Bildungsorganisation und Bildungsstrukturen so gestaltet werden, dass sie den besonderen Bedürfnissen von Menschen mit Beeinträchtigungen gerecht werden“ (BMAS, 2013, S. 176).

Teilhabe an Bildung ist demnach eine Frage der Bereitschaft, Barrieren in unterschiedlichster Form (s. Tab. 2) zu erkennen, zu bekämpfen, zu verhindern und dadurch Teilhabe zu ermöglichen. Bühler (2016) betont, dass bei der Analyse von Barrieren und Ressourcen „alle schulisch relevanten Aktivitätsbereiche betrachtet werden“ (S. 160) müssen. Dazu gehören Curricula, der Unterricht selbst, Lehr-Lern-Materialien und Methoden, aber auch Aktivitäten wie Pausenzeiten, Feste oder Ausflüge.

Tab. 2: Formen von Barrieren nach Krönig, 2015, S. 43 – eigene Darstellung

| Verortung der Barriere      | Form der Barriere   |
|-----------------------------|---|
| Umwelt                      | z.B. räumliche Gegebenheiten und Gegenstände                      |
| Kommunikation & Interaktion | z.B. Kommunikationsregeln, Schriftsprache, Fachsprache            |
| Funktionssysteme            | z.B. Bildungsgänge, Zulassungssysteme, rechtliche Begrenzungen    |
| Selbst                      | z.B. Vergangenheit, Herkunft, physische Verfassung, Sozialisation |

Noch sind wichtige Fragen offen. So ist z.B. nicht eindeutig definiert, wodurch sich ‚richtig verstandene Teilhabe‘ im Gegensatz zu ‚Pseudo-Teilhabe‘ (Erhardt & Grüber, 2011, S. 24) für verschiedene Diversitätsdimensionen unterscheidet.

Insbesondere in den Fachdidaktiken ist ‚noch nicht abschließend geklärt worden, in welchen Bereichen und wie weit Teilhabe möglich sein soll bzw. kann‘ (Simon & Pech, 2018, o.S.). Dies stellt auch der Weltbericht Behinderung fest, da ‚Lehrpläne und pädagogische Konzepte, [...] nicht auf die Bedürfnisse von Schülerinnen und Schülern mit Beeinträchtigungen eingehen‘ (BMAS, 2013, S. 410). Simon und Pech (2018, o.S.) betonen, dass in den Fächern einerseits Zugangsmöglichkeiten auf verschiedenen Niveaustufen geschaffen, andererseits Faktoren für die Bedingungen fachlicher Teilhabe formuliert werden müssen. Daher wird im Teilhabebericht der Bundesregierung darauf hingewiesen, dass dafür ein interdisziplinärer Austausch und eine Zusammenarbeit zwingend erforderlich sind. Ansonsten könnten ‚Bildungschancen – auch unter ökonomischen Gesichtspunkten – gefährdet werden, insbesondere dann, wenn ein allgemeiner Bildungsabschluss dauerhaft nicht erreichbar ist‘ (BMAS, 2013, S. 124).

Daher ergibt sich der Auftrag, dass Forschung und Praxis kokonstruktiv praxisrelevante Fragen bzw. Problemstellungen in Bezug auf Teilhabe bearbeiten, um diese für alle Lernenden zu optimieren.

### 3.4 Praxisrelevante Fragen und Problemstellungen

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, dass eine umfassende und wirksame Teilhabe im Sinne der UN-BRK das Recht aller Menschen für jeden Lebensbereich ist. Das zugrundeliegende Verständnis der Konvention nimmt den Menschen ganzheitlich (bio-psycho-sozial) wahr und sieht die Ursache für Behinderung in Wechselwirkungen mit Umweltfaktoren. Als Konsequenz dieses bewussten und öffentlich kommunizierten Paradigmenwechsels müssen gesellschaftliche Verhältnisse verändert werden.

Für den Bereich der schulischen Bildung muss daraus die Bereitschaft resultieren, ein Bildungssystem zu schaffen, das sich an barrierefreiem Zugang, garantierter Selbstbestimmung und anerkannter Wertschätzung für die Ressourcen und Entwicklungspotenziale jedes Einzelnen orientiert (Dorrance, 2015, S. 70). Dabei sollte die direkte Umsetzungsorientierung im Fokus stehen, d.h. der Leitgedanke, wie Teilhabe an schulischer Bildung wirksam gefördert werden kann. Teilhabe ist keine binäre Angelegenheit (Teilhabe oder keine Teilhabe) sondern ein Prozess und erfordert eine Kombination multiperspektivischen Denkens und Handelns. International werden mit dem sogenannten „4A-Schema“ (Lindmeier, 2009, S. 7 ff.), die vier Strukturelemente Verfügbarkeit (**availability**), Zugänglichkeit (**accessability**), Annehmbarkeit (**acceptability**) und Adaptierbarkeit (**adaptability**) diskutiert, die als Ansatz gelten, das Menschenrecht auf Bildung zu verwirklichen (Lindmeier, 2009, S. 7 ff.). Darüber hinaus ist für Teilhabe unabdingbar, dass jede einzelne Person selbst teilnehmen möchte und sich dementsprechend einbringt.

Es bleibt die Frage offen, wie Menschen mit Beeinträchtigungen konkret gleichberechtigt an der Gesellschaft teilhaben sollen, wenn Barrieren den Zugang zu Bildung einschränken. Es müssen also Empfehlungen und Konzepte generiert werden, wie Teilhabe an Bildung für alle Menschen und insbesondere für Lernende in anderen Bildungsgängen oder mit Diversitätsdimensionen gestaltet werden kann.

Ziel dieser Arbeit ist, basierend auf einem exemplarischen Unterrichtskonzept, konkrete Ansätze und Ideen sowohl für die Theorie als auch für die Praxis zu generieren. Dadurch sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie auf der Unterrichtsebene u.a. mehr Teilhabe erreicht bzw. optimiert werden kann, um den umfassenden Bildungsanspruch der UN-BRK sukzessive zu erfüllen.

Diese konkreten Ansätze sind per se sowohl für die verschiedenen Diversitätsdimensionen als auch für die jeweiligen Fächer aufgrund ihrer Unterschiedlichkeit spezifisch. Basierend auf dieser praxisrelevanten Problemstellung sollen im Sinne des DBR in den folgenden Kapiteln zunächst der entsprechende theoretische Hintergrund zum Bildungsgang Geistige Entwicklung, zum Unterrichtsfach Physik und zu digitalen Medien im Unterricht sowie der jeweilige Forschungsstand dargestellt werden. Dabei werden Ressourcen und förderliche Umweltfaktoren der verschiedenen Perspektiven aufgezeigt. Anschließend werden die verschiedenen Perspektiven in Form von ersten Gestaltungsprinzipien einerseits und ersten Umsetzungsideen andererseits miteinander kombiniert. Mithilfe der Gestaltungsprinzipien wird eine Intervention entwickelt, die auf Grundlage empirischer Forschungen in der Praxis ausgeschärft wird. Außerdem werden daraus abgeleitete Erkenntnisse in eine wissenschaftliche *lokale Theorie* überführt.

*»Es ist keine Krankheit!  
Es ist eine Kondition, ein Zustand.  
So wie der eine blond ist, habe ich eben das Down-Syndrom.  
Es ist vielmehr ein Charakteristikum als eine Krankheit.«*

*(Pablo Pineda – Person mit Hochschulabschluss und Down-Syndrom, 2010)*

---

## **4 Unterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung**

Wie bereits in den Schlussfolgerungen zur Teilhabe verdeutlicht wurde, ist eine Kombination mehrerer Perspektiven erforderlich, um Teilhabe an und durch Bildung für alle Menschen zu realisieren. Dabei ist es u.a. wichtig, die Spezifika einer Beeinträchtigung zu berücksichtigen. Das vorliegende Kapitel soll am Beispiel des Bildungsgangs Geistige Entwicklung aufzeigen, wer im Sinne der UN-BRK gleichberechtigten Zugang zu Bildung haben sollte und wie Teilhabe für diesen Personenkreis wirksam gefördert werden kann. Da grundsätzlich eine Spezifikation auf eine andere Diversitätsdimension möglich gewesen wäre, wird zu Beginn die Wahl für den Bildungsgang Geistige Entwicklung begründet.

Anschließend werden zunächst verschiedene Sichtweisen auf und Erklärungsansätze für *kognitive Beeinträchtigungen* vorgestellt. Als Grundlage für diese Arbeit wird dabei definiert und beschrieben, welche Menschen mit diesem Terminus gemeint sind. Da die pädagogische und lernpsychologische Sicht grundlegend für diese Arbeit sind, werden diese anschließend genauer vorgestellt.

Im zweiten Teil dieses Kapitels wird Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung mithilfe individueller Entwicklungs- und Handlungsniveaus beschrieben. Ferner wird auf Spezifika in Lehrplänen und bei der Leistungsbewertung hingewiesen. Außerdem wird auf Unterrichtsprinzipien in diesem Bildungsgang eingegangen, da diese zentral für methodische Entscheidungen, Planung, Durchführung und Auswertung von Interventionen und damit für Teilhabe sind.

Anhand dieser Ausführungen werden zum Schluss Gestaltungsprinzipien abgeleitet, wie Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung im Unterricht teilhaben können.

## 4.1 Begründung des gewählten Bildungsgangs

In dieser Arbeit geht es darum, die Teilhabe am experimentellen Physikunterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung zu optimieren. Daher lässt sie sich hauptsächlich dem zweiten Verständnis 2 zuordnen, das ein pragmatisches im Sinne einer Leistungs- bzw. Kompetenzentwicklung ist.

Für die Betrachtung von Teilhabe lassen sich eine Vielzahl an Diversitätsdimensionen wie z.B. Geschlecht, Alter oder sozioökonomischer Hintergrund der sogenannten „Big 8“ (Krell et al., 2007, S. 9) fokussieren, ebenso wie unterschiedliche sonderpädagogische Fachrichtungen oder zieldifferente Bildungsgänge. Zwischen den verschiedenen Dimensionen, sonderpädagogischen Fachrichtungen und zieldifferenten Bildungsgängen bestehen erhebliche Unterschiede in Bezug auf (vermutete) Erfordernisse und Auswirkungen auf das Lehren und Lernen (Adesokan, 2015, S. 46). Daher ist es nicht machbar, Teilhabe am physikalischen Experimentieren ohne Spezifizierung zu thematisieren und im Rahmen dieser Arbeit zu untersuchen. Damit lässt sie sich einem Inklusionsverständnis zuordnen, das ein pragmatisches im Sinne einer Leistungs- bzw. Kompetenzentwicklung ist. Dieses haben Piezunka et al. (2017) im Rahmen von Interviews mit Fachleuten als zweite von vier Definitionen schulischer Inklusion herausgearbeitet, die den wissenschaftlichen Diskurs in Deutschland gegenwärtig prägen (s. Tab. 3). Allen vier Verständnissen ist das Ziel gemein, Diskriminierung zu überwinden, die aufgrund von sozial konstruierter Gruppenzugehörigkeit entsteht, „um Teilhabe in Schule und Gesellschaft zu ermöglichen“ (S. 216).

Tab. 3: vier Definitionen schulischer Inklusion und Überwindung von Diskriminierung nach Piezunka et al., 2017, S. 217 – eigene Darstellung

| Definition                        | Ziel   | Zielgruppe   | Realisierbarkeit   | Überwindung von Diskriminierung als konsensueller Kern |
|-----------------------------------|--|--|--|--|
| UN-BRK                            | Nicht-Diskriminierung bestimmter Gruppen               | Menschen mit diagnostizierten Behinderungen          | Frage irrelevant, da Gesetzesanspruch                            | Nicht-Diskriminierung aufgrund Behinderungen           |
| Pragmatisch/ Leistungsentwicklung | Bestmögliche Leistungsentwicklung von diversen Gruppen | Differenzlinien mit Relevanz für den Kompetenzerwerb | Effektive Förderung von Lernengruppen wird als möglich angesehen | Förderung zur Ermöglichung von Chancengleichheit       |

|                                   |  |   |                              |   |
|-----------------------------------|--|---|------------------------------|---|
| Teilhabe/ Anerkennung/ Wohlfühlen | Soziale Teilhabe, Freundschaft, unbedingte Anerkennung sowie individuelle Kompetenzentwicklung | Alle, aber bestimmte Differenzlinien im Fokus | Teilweise bereits realisiert | Individuelle Teilhabe an allen Prozessen                |
| Inklusion als Utopie              | Ohne Kategorien denken   | Alle Menschen                                 | Wunschgedanke                | Dekonstruktion von sozial konstruierten Differenzlinien |

Muth und Erb (2018) arbeitet heraus, dass sich insbesondere Lehrkräfte ohne sonderpädagogische Ausbildung nicht angemessen auf Inklusion und somit auf das Unterrichten im Bildungsgang Geistige Entwicklung vorbereitet fühlen (S. 121). Ursachen mögen sein, dass Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung zieldifferente Schulabschlüsse machen, ein höherer Unterstützungs- und Betreuungsbedarf antizipiert wird und zudem Lehrkräfte ohne sonderpädagogische Ausbildung die spezifischen Bedürfnisse weniger gut einschätzen können. In NRW werden z.B. erst seit 2016 verpflichtend inklusionsorientierte Inhalte im Rahmen der universitären Ausbildung durch die Lehramtszugangsverordnung (LZV) berücksichtigt. „In jedem studierten (Unterrichts-)Fach des Lehramtsstudiums [sind] mindestens 5 Leistungspunkte für inklusionsorientierte Fragestellungen“ (MSB NRW, 2016, § 1, Abs. 2, Satz 2) obligatorisch. Die verbindliche Vermittlung inklusiver Lehrinhalte in der Lehramtsausbildung wird teilweise erst jetzt, mehr als fünf Jahre danach, in den Modulhandbüchern festgeschrieben.

Die Auswahl des Bildungsgangs Geistige Entwicklung begründet sich u.a. darin, dass Lernende in diesem Bildungsgang seltener inklusiv beschult werden. Nach der KMK (2022) werden im Schuljahr 2021/2022 nur 13,7% dieser Lernenden an allgemeinbildenden Schulen unterrichtet, was die geringste Inklusionsquote darstellt (S. 8). Diese Arbeit soll einen Beitrag geleistet werden, wie Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung unterrichtet werden können, damit sie ihre Kompetenzen entwickeln und dadurch eine Chance haben, gleichberechtigter an Bildung teilhaben zu können (Piezunka et al., 2017, S. 218).

## 4.2 Definition des Begriffs kognitive Beeinträchtigung

Obwohl die Begriffe *Behinderung* und *Beeinträchtigung* heute aus der Alltags- und Fachsprache nicht mehr wegzudenken sind, bleiben beide erklärungsbedürftig, da es für sie „bislang keine allgemein anerkannte Definition“ (Fornefeld, 2008, S. 59) gibt. Insbesondere in den letzten Jahren ist auf die Stigmatisierungsgefahren aufmerksam gemacht worden, die ein pau-



schaler Behinderungs- oder Beeinträchtigungsbegriff mit sich bringt. Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen bilden „keine einheitlich [homogene] Gruppe mit festgesetzten und -umschriebenen Eigenschaften“ (Stöppler, 2014, S. 16). Außerdem erfüllt der Begriff *Beeinträchtigung* je nach Kontext unterschiedliche Funktionen, die auf der Grundlage heterogener, theoretischer und methodischer Perspektiven formuliert werden (Dederich, 2009, S. 15). Gerade die Kontextabhängigkeit, die im bio-psycho-sozialen der ICF durch Wechselwirkungen der Komponenten ausgedrückt werden, führt dazu, dass es keine klare, objektive, verbindliche Abgrenzung zwischen beeinträchtigt und nicht-beeinträchtigt gibt. Hinzu kommt, dass es verschiedene theoretische Positionen zum Verständnis der Komponente kognitive Beeinträchtigung gibt (s. Abb. 8).



Abb. 8: Überblick über die aktuellen theoretischen Positionen zum Verständnis von kognitiven Beeinträchtigungen in Anlehnung an Fischer, 2003, S. 13 – eigene Darstellung

Nach Fornefeld (2013) geht eine kognitive Beeinträchtigung i.d.R. auf eine organische Schädigung zurück, die prä-, peri- oder postnatal entstanden sein kann. Die Ursachen hierfür „reichen von Fehlbildungen des Gehirns, [sic!] über Genmutationen, Chromosomenanomalien, Geburtstraumen, Neugeborenenenerkrankungen, entzündlichen Erkrankungen des Zentralnervensystems bis hin zu Hirntumoren, Demenz [etc.]“ (S. 72). Eine kognitive Beeinträchtigung betrifft zum einen direkt oder indirekt das Gehirn. Zum anderen hat sie Einfluss auf die Gesamtpersönlichkeit des Menschen, auf sein Denken, Empfinden, Wahrnehmen, Handeln und Verhalten und führt daher zu unterschiedlichsten Störungsbildern bzw. klinischen Syndromen

(Fornefeld, 2013, S. 72). Deshalb ist „[d]as Wesen der geistigen Behinderung [...] bei einem derart heterogenen Personenkreis mit seinen vielfältigen Entwicklungsmöglichkeiten und -einschränkungen, spezifischen Stärken und Schwächen, neurologischen Störungen und den damit verbundenen unterschiedlichen Auswirkungen nicht einfach“ (Nußbeck, 2008, S. 3) zu beschreiben. Aufgrund der nicht eindeutigen und damit klar abgrenzbaren Kriterien handelt es sich eher um einen sozialrechtlichen Begriff, statt um einen wissenschaftlichen (Haeberlin, 2005, S. 69). Eine Definition des Begriffs *kognitive Beeinträchtigung* kann daher immer nur relativ sein.

Die vorhandenen diversen wissenschaftlichen Sichtweisen (s. Abb. 8) verdeutlichen, dass „geistige Behinderung [...] ein Sammelbegriff für ein Phänomen mit oft lebenslangen, aber verschiedenen Äußerungsformen einer unterdurchschnittlichen Verarbeitung kognitiver Prozesse und Probleme mit der sozialen Adaption“ (Stöppler, 2014, S. 18) ist. Diese Personengruppe kann bei der Bewältigung kognitiver Aufgaben geringe, mäßige, große oder sehr große Probleme haben. So gibt es Personen, die in ihrem Entwicklungsstand an der Grenze zur Lernbeeinträchtigung stehen und weitestgehend selbstständig leben können. Zu dem Personenkreis können aber auch Menschen mit komplexen oder mit schwersten bzw. Mehrfachbeeinträchtigungen gezählt werden, die zusätzlich zu kognitiven weitere schwere Beeinträchtigungen im Bereich der Motorik oder der Sinnesfunktion haben und ihr Leben lang auf Hilfe angewiesen sind (Mühl, 2000, S. 54).

### 4.2.1 International anerkannte Sicht

Bei der Diagnose einer kognitiven Beeinträchtigung wurde lange Zeit vor allem der Intelligenzquotient (IQ) eines Menschen mithilfe standardisierter Intelligenztests ermittelt. In Folge dessen wurde eine kognitive Beeinträchtigung als „intellektuelle Retardierung“ (Stöppler, 2014, S. 23) bezeichnet. Eine Stufenfolge der Intelligenzminderung, wie sie z.B. auch die ICD-11 (BfArM, 2022) und die fünfte Version der Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DMS-V) (Falkai & Wittchen, 2018) beschreiben, wird mittlerweile von vielen pädagogisch orientierten Forschenden sehr kritisiert, da „nicht eindeutig bewiesen [ist], dass ein niedriger IQ die kognitiven Lernvoraussetzungen bestimmt“ (Bernasconi, 2007, S. 81). Nach Fischer (2008) ist „Intelligenz als ein mehr- und vieldeutiges Konstrukt nur schwer einzuschätzen“ und liefert daher „kaum Hinweise für eine Planung von Unterricht und Gestaltung von Lernhilfen“ (S. 24). Des Weiteren würden „die Entwicklungsfähigkeit eines Menschen sowie

die sozialen und kulturellen Bedingungen in diesen statischen Angaben nicht berücksichtigt“ (Stöppler, 2014, S. 25).

Daher sind im Sinne der ICF nicht mehr psychologische Perspektive und Intelligenzquotient, d.h. die Defizite einer Person, für eine Teilhabe am Leben in der Gesellschaft entscheidend, sondern ihre individuellen Möglichkeiten und die jeweiligen Umweltfaktoren (s. 3.1). Der Fokus liegt somit auf dem Menschen mit seinen Ressourcen in seinem spezifischen Lebenskontext, den individuellen Möglichkeiten und den Erschwernissen seiner gesellschaftlichen Partizipation. Dadurch will die WHO zur Verbesserung der Lebensumstände und Lebensqualität u.a. von Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen in aller Welt beitragen, was weltweit das Verständnis von Beeinträchtigung beeinflusst hat (Fornefeld, 2008, S. 60). Dies schlägt sich auch in der Geistigbehindertenpädagogik nieder. Fornefeld (2013) bezeichnet „[d]ie mit der neuen WHO-Klassifikation [...] verbundenen Veränderungen im Behinderungsverständnis [...] als Paradigmenwechsel in der Behindertenpädagogik“ (S. 63), da sie umfassend sind.

In diesem Sinne will auch die Internationale Liga von Vereinigungen für Menschen mit geistiger Behinderung (ILSMH) die defizitäre Sichtweise überwinden, durch die Menschen ganzheitlich als kognitiv beeinträchtigt etikettiert werden (Mühl, 2000, S. 45). Daher empfiehlt die ILSMH eine allgemeine Kategorienbezeichnung wie *Menschen, Kinder, Erwachsene, Lernende* etc. zuerst zu nennen. „[D]ie Behinderungsproblematik wird als sekundäres Merkmal oder besser als Kennzeichnung einer besonderen Lebenslagenproblematik beschreibend hinzugefügt (also: Person mit geistiger Behinderung; [sic!] oder: Kinder/Jugendliche/Erwachsene mit Beeinträchtigung ihrer intellektuellen Fähigkeiten; [sic!] oder: Schülerinnen/Schüler mit speziellem Förderbedarf)“ (Thimm, 1999, S. 11). Dennoch werden eine Diskriminierung und Stigmatisierung nicht verhindert.

In der Wissenschaft wird deshalb seit vielen Jahren die grundsätzliche Frage diskutiert, wie legitim es ist und welchen Sinn es macht, Menschen als geistig behindert zu titulieren (Fischer, 2008, S. 17). Bezeichnungen, die allgemein als stark herabsetzend empfunden werden, müssten durch Ächtungen aus dem Sprachgebrauch entfernt werden. Alternativen des Begriffs *geistige Behinderung* haben jedoch den Nachteil, dass sie unspezifisch und nicht eindeutig sind. Dies gilt z.B. auch für die Bezeichnung *Menschen mit Lernschwierigkeiten*, den die Organisation „Mensch zuerst – Netzwerk People First Deutschland e.V.“ statt dem Begriff *Menschen mit einer Geistigen Behinderung* oder *Menschen mit einer kognitiven Beeinträchtigung* verwendet. Bei der Betitelung *Menschen mit Lernschwierigkeiten* ist unklar, ob damit ausschließlich

Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung oder im Bildungsgang Lernen oder Lernende in beiden Bildungsgängen gemeint sind. So wird der Personenkreis der Menschen mit einer kognitiven Beeinträchtigung „zwangsläufig entweder sprachlich diskriminiert oder unsichtbar, weil ihre spezifische Situation nicht mehr ausgedrückt werden kann“ (Erhardt & Grüber, 2011, S. 28).

Auch die Verwendung euphemistischer Termini realisiert per se keine Verbesserung der gesellschaftlichen Situation und führt nicht zu mehr Akzeptanz von Menschen mit Beeinträchtigungen (Stöppler, 2014, S. 17 f.). Nach Speck (2012) führen die „Bemühungen, Menschen mit Behinderung nicht mit einem einzelnen Begriff zu definieren [...] zu Verunsicherung und Problemen auf administrativer Ebene, z.B. bei schulpolitischen Entscheidungen sowie beim internationalen Vergleich“ (55 f.). In Anlehnung an die zeitgemäße Sichtweise der ICF wird daher vorrangig der Terminus *kognitive Beeinträchtigung* statt *geistige Behinderung* verwendet.

Auch im Kontext dieser Arbeit wird der Begriff kognitive Beeinträchtigung trotz vorhandener Kritikpunkte benutzt, „da er zum momentanen Zeitpunkt der in Gesellschaft und Wissenschaft anerkannteste Begriff ist und eine Abgrenzung zu anderen Behinderungsformen ermöglicht“ (Stöppler, 2014, S. 18). Bei der Verwendung des Begriffs ‚Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen‘ wird ‚beeinträchtigt sein‘ nicht als Eigenschaft eines Menschen begriffen. Darüber hinaus impliziert er die Heterogenität dieses Personenkreises.

#### **4.2.2 Exkurs: Menschen mit Komplexen Beeinträchtigungen**

Wie die Ausführungen oben verdeutlichen, ist es unmöglich, verallgemeinernd von DER kognitiven Beeinträchtigung oder DEN Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen zu sprechen. Mühl (1999) versteht z.B. kognitive Beeinträchtigung als eine „Sammelbezeichnung für eine große Breite von Lernstufen und Lernniveaus“ (S. 253). Kognitive Beeinträchtigungen können zusammen mit weiteren, teils schweren körperlichen, auftreten, sodass dann häufig von *Menschen mit komplexen Beeinträchtigungen* gesprochen wird. Eine *Komplexe Beeinträchtigung* ist also i.d.R. eine Verbindung von zwei oder mehr Beeinträchtigungen, z.B. einer kognitiven mit einer motorischen Beeinträchtigung, mit Blindheit oder Gehörlosigkeit. Damit verbunden sind Einschränkungen, die sich auf psychisch-emotionaler und Verhaltensebene manifestieren und die kognitive Beeinträchtigung ebenfalls beeinflussen (Fornefeld, 2013, S. 86).

Hinsichtlich einer terminologischen Klarheit wird in Analogie zur ICF und den KMK-Empfehlungen im Folgenden von Lernenden mit Komplexen Beeinträchtigungen gesprochen.

Nach Fornefeld werden Menschen mit Komplexen Beeinträchtigungen in Definitionen und Deutungsschemata von kognitiven Beeinträchtigungen nicht ausreichend berücksichtigt (Fornefeld, 2013, S. 101). Sie definiert diesen Personenkreis anhand folgender Kriterien:

„Menschen mit komplexer Behinderung ...

- bringen ihre eigenen Vorstellungen, Wünsche und Bedürfnisse wie ihre Ansprüche unzureichend zum Ausdruck.
- verfügen meist über keine ausreichende Verbalsprache.
- sind in besonderem Maße von der Zuwendung der Bezugspersonen abhängig.
- sind in Einrichtungen häufig mit unqualifiziertem Personal und unprofessionellem Verhalten konfrontiert.
- zeigen abweichendes, aggressives oder selbstverletzendes Verhalten, was zum Ausschlusskriterium wird.
- wird die Rolle des ‚Störers‘ zugewiesen, die die eigene Identität beeinflusst.
- machen im Laufe ihres Lebens verstärkt Erfahrungen des ‚Scheiterns‘ sowie des Abbruchs sozialer Beziehungen.
- sind häufig wechselnden und nicht koordinierten medizinisch-therapeutischen und pädagogisch-psychologischen Interventionen ausgesetzt.
- sind in besonderem Maße Gefahr ausgesetzt [sic!] als Pflegefall abgestempelt und aus der Behindertenhilfe (Eingliederungshilfe) ausgeschlossen zu werden.
- sind in Einrichtungen häufig Gewalterfahrungen ausgesetzt.
- bilden eine heterogene Gruppe mit gleichen Exklusionserfahrungen“ (Fornefeld, 2008, S. 58).

Bis heute gibt es keine KMK-Beschlüsse und kaum Curricula für Lernende mit Komplexen Beeinträchtigungen. In der Praxis findet eine Orientierung an den Lehrplänen für den Bildungsgang Geistige Entwicklung statt. Bei Lernenden mit Komplexen Beeinträchtigungen liegt der Fokus im Unterricht auf der Förderung von Wahrnehmung, Kommunikation und Selbstständigkeit (Stöppler, 2014, S. 56 f.). In NRW sind für Menschen mit Komplexen Beeinträchtigungen „Richtlinien und Hinweise für die Förderung schwerstbehinderter Schüler“ (MSB NRW, 1985) entwickelt worden. Danach sind Lernende mit Komplexen Beeinträchtigungen und ihre jeweilige Lebenssituation „Mittelpunkt des erzieherischen und damit des unterrichtlichen Geschehens. [...] Die Bedürfnisse, Erfahrungen und Ansprüche des Schülers erfordern ein handlungsbezogenes Vorgehen, das auf individuell bestimmte Lernziele ausgerichtet sein muss. Der Unterricht gestaltet das Lernen als offenen Prozess“ (7 f.). Wenn der Unterricht für Lernende

mit Komplexen Beeinträchtigungen nach wie vor ausschließlich an Therapie oder Pflege orientiert ist, „kann [es] dazu führen, dass der Unterricht mit dieser Schülergruppe seinen eigentlichen schulischen Auftrag der Bildung verfehlt“ (Pitsch, 2015, S. 9). Deshalb soll sich nach Terfloth und Bauersfeld (2015) der Unterricht für diese Lernenden grundsätzlich nicht von der allgemeinen Didaktik unterscheiden, „jedoch durch spezifische sonderpädagogische oder auch therapeutische Konzepte ergänzt“ (S. 47) werden.

### 4.2.3 Pädagogische Sicht

Die pädagogische Perspektive betrachtet kognitive Beeinträchtigungen vor allem im Kontext von Bildung und Erziehung und fokussiert die Lernmöglichkeiten sowie die entsprechende Gestaltung der Lernumgebungen. Dabei liegt der Blick für „Barrieren für Lernen und Teilhabe“ (Booth & Ainscow, 2019, S. 56) auf allen Bereichen und Strukturen von Schule und Bildung. Um den Lernprozess aller Lernenden zu fördern, werden individuell verschiedene Möglichkeiten, Bedürfnisse und Ressourcen, adäquate Erziehungs- und Bildungsziele sowie Methoden betrachtet (Stöppler, 2014, S. 27).

Die verbindlichen Vorgaben, d.h. die Empfehlungen und Beschlüsse der KMK und die Bildungs- bzw. Lehrpläne der einzelnen Bundesländer, bestimmen die pädagogische Arbeit im Bildungsgang Geistige Entwicklung. Nach den KMK-Empfehlungen (2021) sollen folgende Entwicklungsbereiche im Unterricht fokussiert werden:

- Unterstützung der Merkfähigkeit
- Entwicklung des handlungsplanenden Denkens
- Erkennen und Bewerten von Analogien und Zusammenhängen
- Problemlösen
- Entfaltung von Kreativität
- Erweiterung der individuellen Sprechfähigkeit, des Wortschatzes und der Begriffsbildung
- Erweiterung des Sprachverständnisses
- Entwicklung eines sprachlichen Selbstkonzepts
- Aufbau eines positiven Selbstbilds
- Beziehungen eingehen und gestalten
- Förderung der körperlichen Ausdrucksmöglichkeiten und des Körpererlebens
- Erweiterung der Eigenaktivität und der Bewegungsmotivation
- Gezielte Ansprache einzelner Sinnesbereiche (S. 6 ff.).

Anhand der Auflistung wird erneut deutlich, wie heterogen Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung sein können. Ratz (2011) postuliert, dass „[e]ine der charakteristischsten Eigenschaften [...] von vorneherein die Heterogenität ihrer Schülerschaft [ist]. Sie ergibt sich vor allem aus der Stellung der Schulart im Gesamt des Schulsystems, als ‚letzte‘ Schule, die keine Möglichkeiten hat, an andere Schularten zu überweisen“ (S. 13). Die Ergebnisse des Forschungsprojekts Schülerschaft mit dem sonderpädagogischen Schwerpunkt geistige Entwicklung (SFGE) verdeutlichen, dass diese Heterogenität durch den Begriff „geistige Behinderung“ nicht hinreichend widergespiegelt wird (Ratz, 2017, S. 179).

Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass Kinder und Jugendliche im Bildungsgang Geistige Entwicklung oftmals in soziokulturell prekären familiären Situationen aufwachsen und häufig einen Migrationshintergrund haben (Dworschak & Ratz, 2012, S. 45). Außerdem haben sie erkennbar häufiger Probleme bei der Entwicklung eines stabilen Bindungsverhaltens, da die subjektive Belastungssituation der Eltern eines Kindes im Bildungsgang Geistige Entwicklung deutlich größer ist (Rauh & Calvet, 2005, S. 69). Etwa die Hälfte der Lernenden haben Probleme im sozial-emotionalen Bereich, und es treten deutlich häufiger psychische Störungen auf, die nicht immer diagnostiziert werden (Dworschak et al., 2012, S. 155). Hinzu kommen fast 70% der Lernenden Probleme im Bereich der sprachlichen Entwicklung bzw. Kommunikation (Wagner & Kannevischer, 2012, S. 107).

Aufgrund der individuellen Förder- und Unterstützungsbedarfe muss die Gestaltung des Unterrichts vielfältig sein. Daher stellt der Bildungsgang Geistige Entwicklung die Pädagogik vor die große Aufgabe, Bildung und Erziehung trotz oder gerade aufgrund der diversen Ausgangsbedingungen zu realisieren.

*„Was pädagogisch zu gestalten ist, bestimmt sich nicht primär oder allein von der Behinderungsart her, der ein Kind zugeordnet wird, und von Normen einer Behinderungs- oder Defizitorientierung, sondern hat sich umgekehrt daran zu orientieren, was ein Kind pädagogisch braucht, um trotz seiner Lernhindernisse die ihm möglichen Persönlichkeits- und Sozialkompetenzen (Fertigkeiten, Einstellung) zu erlangen, die ihm eine sinnvolle soziale Teilhabe an seiner Lebenswelt ermöglichen“ (Speck, 2012, S. 74).*

Diese Ausführungen von Speck machen deutlich, dass es aus pädagogischer Sicht nicht darum geht, Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung ‚normal zu machen‘, sondern darum, sie in Anlehnung an die WHO als individuelle Personen mit einer individuellen Lebensverwirklichung in der Gemeinschaft zu sehen. Erziehung und Bildung erfüllen somit grundlegende

Funktionen, nämlich Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung zu einem weitgehend selbstbestimmten Leben zu befähigen.

#### 4.2.4 Lernpsychologische Sicht

Die Lernpsychologie untersucht Aspekte, die das menschliche Lernen beeinflussen. „Vielerlei Faktoren wie Aufgabenart und -struktur, Aufmerksamkeit, Motivation und Vorerfahrung können das Lernen erleichtern und erschweren“ (Kane & Kane, 1999, S. 237). Damit wird Lernen im Sinne des bio-psycho-sozialen Modells der ICF durch die Wechselwirkungen der einzelnen Komponenten beeinflusst. Das bedeutet, Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung können durch individuelle Disposition oder durch soziale und gesellschaftliche Rahmenbedingungen in ihrem Lernen „be-hindert“ (Fischer, 2008, S. 62) werden.

Die Elemente der kognitiven Informationsverarbeitung und die in diesem Kontext möglichen Probleme bei Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung werden in Abb. 9 dargestellt.

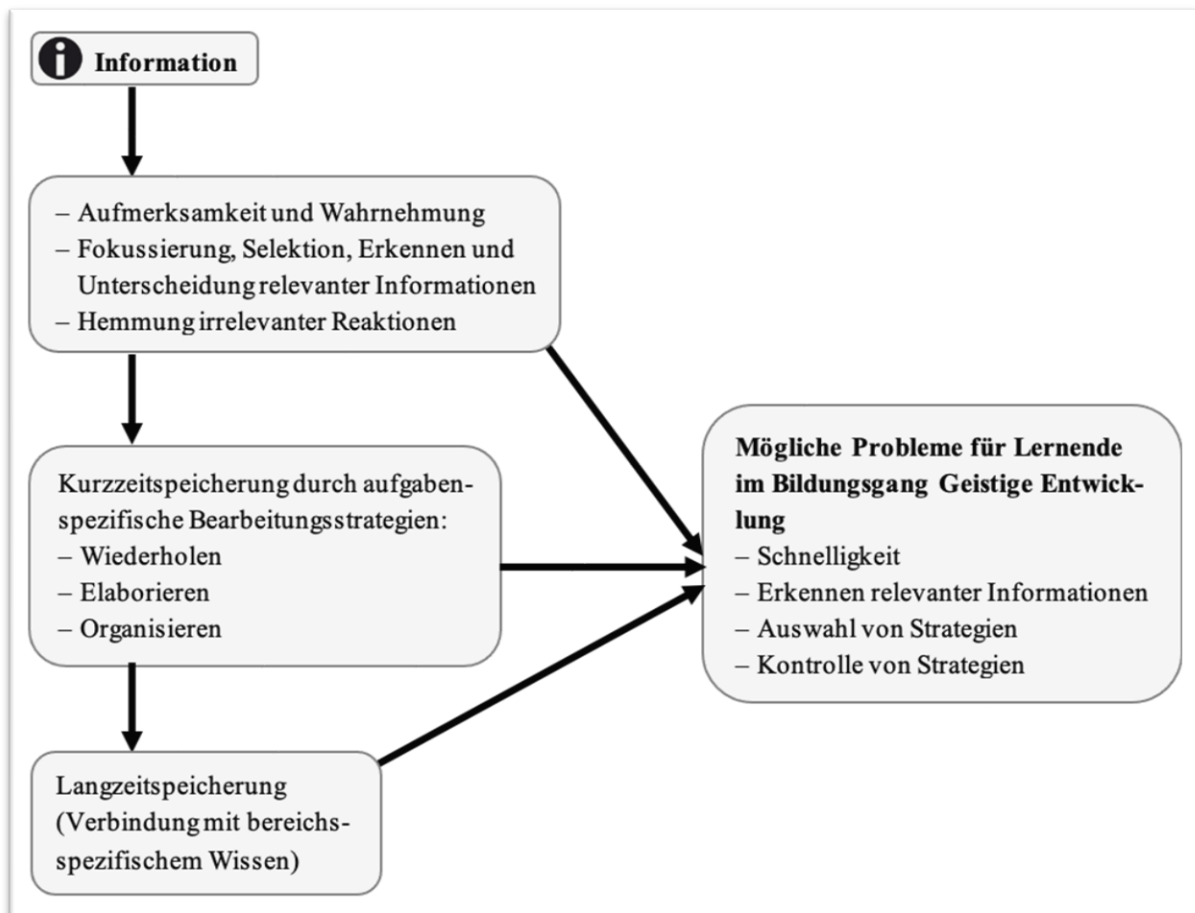


Abb. 9: Elemente der kognitiven Informationsverarbeitung in Anlehnung an Sarimski, 2013, S. 50 – eigene Darstellung



Bei diesen vollziehen sich das Lernen, die Entwicklung der Wahrnehmung und anderer kognitiver Fähigkeiten sowie der sozialen Handlungsfähigkeit unter erschwerten Bedingungen. Dies gilt insbesondere für die vorsprachliche und sprachliche Verständigung, komplexere Gefühle und psychomotorische Fertigkeiten (Mühl, 1992, S. 253). Darüber hinaus haben Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung besondere Probleme im motivationalen Bereich und in der Konzentrations- und Aufnahmefähigkeit, wie Fornfeld (2004) konstatiert (S. 61). Lernprozesse müssen vereinfacht bzw. stark reduziert werden. Dies ist im Kontext von Didaktik zu berücksichtigen.

#### 4.2.5 Exkurs: Cognitive Load Theory

Die Cognitive Load Theory (CLT) befasst sich mit der Belastung des Arbeitsgedächtnisses durch die Verarbeitung neuer Informationen und damit, wie diese Belastungen beim Lernen verringert werden können (Kirschner et al., 2006, S. 77). Dies spielt im Bildungsgang Geistige Entwicklung eine entscheidende Rolle, da sich herausgestellt hat, dass ausschließlich Anschaulichkeit, ohne abstraktes Denken zu fördern, kontraproduktiv ist (Wygotski, 1987, S. 301).

Die CLT geht davon aus, dass bei der Speicherung und Verarbeitung von Informationen die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses bei jedem Menschen begrenzt ist. Nur sehr wenige Informationen können gleichzeitig verarbeitet werden. Nach Millers „magische[r] 7“ (1956) „können in etwa  $7 \pm 2$  Informationseinheiten gleichzeitig bearbeitet werden und nur etwa 2 bis 4 gleichzeitig miteinander in Beziehung gesetzt werden (z.B. durch Kombinieren oder Kontrastieren)“ (zit. n. Unterbrunner, 2007, S. 154). Darüber hinaus ist die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses zeitlich begrenzt. Nach circa 15-30 Sekunden werden alle Informationen, die nicht wiederholt werden, im Arbeitsgedächtnis gelöscht (Kirschner et al., 2006, S. 77). Die Begrenzungen des Arbeitsgedächtnisses gelten nur für die Aufnahme neuer Informationen, d.h. eine lernende Person mit Vorwissen kann mehr Informationen bewältigen, indem sie einzelne übergeordnete Einheiten bildet, sogenannte Chunks. Die Anzahl der Chunks, die gleichzeitig aktiv verarbeitet werden können, sind ebenfalls auf etwa  $7 \pm 2$  begrenzt (Unterbrunner, 2007, S. 154 f.).

Die CLT unterscheidet zwischen Intrinsic, Extraneous und Germane Load (Sweller, 2010, S. 123). Der Intrinsic Load ist individuell, d.h. der Schwierigkeits- und Komplexitätsgrad eines Materials ist für jeden Menschen unterschiedlich. Wenn viele Elemente simultan verarbeitet werden müssen, führt dies zu einer hohen Intrinsic Load (Unterbrunner, 2007, S. 156). Beim Extraneous Load wird das Arbeitsgedächtnis – durch inadäquate Instruktionsdesigns wie parallele und/oder überfrachtete Informationen – mit Aktivitäten beansprucht, die mit den eigent-

lichen Verarbeitungsprozessen nichts zu tun haben und den Lernprozess behindern. Der Extraneous Load führt zum sogenannten Cognitive Overload, d.h. zur Überforderung der lernenden Person (Sweller, 2010, S. 125). Bei der Verknüpfung neuer Informationen mit vorhandenen, also beim Aufbau mentaler Modelle und Schemata, wird durch die Anstrengung des Lernens der anzustrebende, effektive Germane Load hervorgerufen und diese „gezielte Aktivierung bestimmter Wissensbestände unterstützt ein bedeutungsvolles und nachhaltiges Lernen und die Korrektur und Vermeidung von Fehlkzepten“ (Krause & Stark, 2006, S. 41).

Bei Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung können kognitive Funktionen beeinträchtigt sein oder ausfallen, weil Hirnstrukturen sowohl Besonderheiten aufweisen als auch beschädigt sein können (Sarimski, 2013, S. 49). Die veränderten Funktionsweisen betreffen vor allem das Arbeitsgedächtnis (Stern & Neubauer, 2013, S. 15) und zeigen sich insbesondere bei der Verarbeitung sprachlicher Informationen. Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung haben möglicherweise beeinträchtigte kognitive Verarbeitungsprozesse und daher weniger Kapazität zur Verfügung (Sarimski, 2013, S. 50.). Die Kapazität ihres Arbeitsgedächtnis reicht häufig nur aus, um die Informationen zu koordinieren, aber nicht, um sie zu speichern (Lamers et al., 2021, S. 101). Erschwerend kommt hinzu, dass es für sie herausfordernd ist, unwichtige Reize auszublenden und sich auf die relevanten zu fokussieren oder sich auf eine bestimmte Tätigkeit zu konzentrieren insbesondere, wenn sie z.B. gleichzeitig zuhören sollen. Aufgrund der Diversität der Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung gibt es immer noch ein unzureichendes Verständnis dafür, wie genau sie Informationen aufnehmen und wie sie lernen (Cadzow, 2017, S. 364). Nichtsdestotrotz kann konstatiert werden, dass die Cognitive Load reduziert werden muss, z.B. durch ablenkungsarme Unterrichtsmaterialien oder eine strikte Trennung von Informationsdarbietung und Handlungsausführung.

Die Erkenntnisse der Hirnforschung bestätigen, dass Gehirnstrukturen, die nicht in Anspruch genommen werden, sehr rasch abgebaut bzw. gar nicht erst gebildet werden. Das bedeutet, dass bei Menschen, die daran gewöhnt wurden, ausschließlich anschaulich zu denken, „alle schwachen Keime abstrakten Denkens, die bei diesen Kindern trotz allem vorhanden sind“ (Wygotski, 1987, S. 301), erstickt wurden. Daher würden Einschränkungen von Handlungs-, Erfahrungs- und Lernmöglichkeiten zu sogenannten Underachievements bei Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung führen, d.h., sie blieben hinter ihren potenziellen Fähigkeiten zurück (Erhardt & Grüber, 2011, S. 65). Daher sind nach Hoffmann (2010) diese Lernenden i.d.R.

„nicht weniger, sondern mehr als andere Kinder auf Bildung und Erziehung angewiesen“ (S. 163).

Lernangebote sollten so konzipiert sein, dass das Arbeitsgedächtnis für den Germane Load freigehalten wird. Dabei muss berücksichtigt werden, dass Cognitive Load vom individuellen Vorwissen sowie von kognitiven Fähig- und Fertigkeiten abhängig ist. Ergebnisse einer Studie zeigen, „dass Kinder mit einer geistigen Behinderung mehr Zeit benötigen, um ihre Informationsverarbeitungsprozesse zu automatisieren, sich Speicher- und Bearbeitungsstrategien sowie Wissen anzueignen“ (Sarimski, 2005, S. 156). Außerdem generieren Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung kaum spontan geeignete Strategien zur Lösung komplexer Probleme und übertragen gelernte Strategien nicht auf neue Aufgaben (Sarimski, 2005, S. 176). Diese Erkenntnis muss entscheidenden Einfluss auf die Konzipierung von Unterrichtsmaterialien und die Organisation des Unterrichts haben. Es müssen z.B. speziell angepasste und bedarfsgerechte Arbeitsmaterialien konzipiert werden, die z.B. die Aufgaben für Lernende vorstrukturieren, die Aufmerksamkeit auf bestimmte Informationen lenken und die Verbindung zu relevantem Vorwissen verdeutlichen (Fischer, 2008, S. 230).

Auf dem zugrunde gelegten Verständnis von kognitiver Beeinträchtigung, insbesondere dem pädagogischen und lernpsychologischen, sowie der CLT resultieren Schlussfolgerungen für den Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung. Diese werden im Folgenden näher beschrieben.

### **4.3 Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung**

Unterricht von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung ist nach Pitsch (2015) „zunächst einmal Unterricht wie jeder andere auch: Die Unterrichtenden müssen spezifisch ausgebildet sein, der Unterricht muss geplant, strukturiert durchgeführt und an Kriterien orientiert ausgewertet werden“ (S. 9). Im Kern geht es auch im Bildungsgang Geistige Entwicklung immer um Bildung und Erziehung. Speck (1999) bezeichnet die Aufgabe von Erziehung in diesem Bildungsgang als „Hilfe zur Selbsthilfe“ und benennt drei zentrale pädagogische Thesen:

- „Geistige Behinderung gilt als normale (übliche) Variante menschlicher Daseinsform.
- Die Erziehung von Menschen mit geistiger Behinderung orientiert sich an den allgemeinen edukativen Erfordernissen, Werten und Normen.
- Die Spezifizierung des Pädagogischen orientiert sich an den besonderen individuellen Bedürfnissen und Möglichkeiten ebenso wie an den sozialen Bedingungen und Erfor-

demissen im Sinne einer wirksamen Verbesserung der gemeinsamen Lebenssituation“ (S. 61).

Für Feuser (1989) ist eine Reduktion der Inhalte aufgrund einer kognitiven Beeinträchtigung nicht zu rechtfertigen (S. 22). Der Unterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung braucht „keine Sonderdidaktik, wohl aber besondere Varianten und Akzentuierung im Rahmen einer allgemeinen Didaktik, in Orientierung an den jeweils zu unterrichtenden Schüler“, wie Fischer (2008, S. 108 f.) betont.

Die hier aufgelisteten Grundannahmen und Grundbedürfnisse zeigen, dass sich Bildung und Erziehung bei Menschen mit und ohne Beeinträchtigung prinzipiell nicht voneinander unterscheiden. In der Art, wie diese zu gestalten sind, ggf. aber schon (Fischer, 2009, S. 118). In älteren Lehrplänen für die ‚Schule für Geistigbehinderte‘ wird diesem Verständnis nur wenig Beachtung geschenkt (Fischer, 2008, S. 42 f.).

Im Folgenden werden zunächst KMK-Empfehlungen und ausgewählte Lehrpläne für den Bildungsgang Geistige Entwicklung skizziert. Darauf basierend wird der Unterricht in diesem Bildungsgang näher betrachtet, indem auf die Berücksichtigung individueller Entwicklungs- und Handlungsniveaus, auf spezifische Prinzipien sowie auf die Möglichkeit, Leistungen der Lernenden zu bewerten, eingegangen wird.

### **4.3.1 Lehrpläne im Bildungsgang Geistige Entwicklung**

Schule als Institution hat die Aufgabe, den Bildungs- und Erziehungsanspruch von Lernenden einzulösen. Daher heißt es in den KMK-Empfehlungen (2021), dass sich der Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung „an curricular verankerten Themen und Inhalten zum Erwerb kultureller Kompetenzen in den verschiedenen Unterrichtsfächern und Lebensbereichen“ (S. 9) orientieren soll. Für die Unterrichtsplanung und -durchführung müssen u.a. die persönlichen Voraussetzungen, der Erfahrungshorizont, die individuellen Kompetenzen und Entwicklungsbereiche sowie die biografischen und soziokulturellen Erfahrungen der jeweiligen Lernenden (KMK, 2021, S. 4) und die Komplexität der Anforderungssituationen (KMK, 2021, S. 6) berücksichtigt werden.

Im Lehrplan für den Bildungsgang Geistige Entwicklung von Bayern (2022) der auch in Sachsen-Anhalt gilt, heißt es z.B., dass Lehrkräfte, basierend auf dem individuellen Förderbedarf und dem jeweiligen Alter der Lernenden, angemessene Kompetenzen auswählen und miteinander kombinieren sollen. Im Laufe ihrer Schullaufzeit sollen die Lernenden verbindlich die Möglichkeit bekommen, „sich mit verschiedenen individuellen kompetenzorientierten Lernaktivi-

täten aus allen Fächern auseinanderzusetzen“ (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung [ISB], 2022, S. 39).

In den Richtlinien für den Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung in Nordrhein-Westfalen (2022) heißt es, dass die Aufgabenfelder des naturwissenschaftlichen Unterrichts allgemeingültige Bildungsinhalte vermitteln sollen, „die zu einer fachlichen Grundbildung führen und einen wesentlichen Beitrag zur persönlichen Entfaltung, aktiven Teilhabe und Partizipation an Kultur und Gesellschaft leisten“ (MSB NRW, 2022, S. 39).

Lernende mit Komplexen Beeinträchtigungen finden innerhalb der KMK-Empfehlungen nur marginale Erwähnung. In allen KMK-Empfehlungen werden die individuelle Förderung aller Kinder und Jugendlichen und das Recht auf Bildung für alle beschrieben. Der Personenkreis von Lernenden mit Komplexen Beeinträchtigungen wird ausschließlich in den Empfehlungen von 1998 im Sinne einer besonderen Herausforderung genannt (KMK, 1998, S. 6 ff.). Eine basale Aktivierung und Förderung, die Beziehungsebene zwischen Lehrkräften und Lernenden, die Kooperation mit externen Beteiligten unter therapeutischen und medizinischen Gesichtspunkten werden betont. „In den späteren [KMK-]Empfehlungen (2010 und 2011) findet sich eine solche Spezifizierung indirekt unter dem Aspekt der Individualisierung wieder“ (Schäfer, 2017, S. 191). Im Lehrplan von Bayern (2022) der ebenfalls in Sachsen-Anhalt gilt, werden Lernende mit Komplexen Beeinträchtigungen u.a. bei der Förderpflege (ISB, S. 34) und im Fach *Beruf und Arbeit* der Berufsbildungsstufe erwähnt (ISB, S. 53).

### **4.3.2 Unterricht im Sinne individueller Entwicklungs- und Handlungsniveaus**

Nach Wygotski (1987) findet guter Unterricht dann statt, wenn Bildungs- oder Unterrichtsprozesse auf das Entwicklungsniveau der Lernenden abgestimmt sind. Er stellt die Maxime auf: Ein Unterricht ist nur gut, wenn er der Entwicklung vorausseilt, denn was Lernende heute mit Unterstützung bewältigen, werden sie morgen selbstständig tun können (Wygotski, 1987, S. 300). Dieser dialogisch angeleitete Lehr-Lern-Prozess ist auch im Sinne Montessoris („Hilf mir, es selbst zu tun!“) und führt durch gezielte Förderung zu Lernerfolgen und Entwicklungsfortschritten, „auch wenn dabei Hindernisse zu überwinden und Anstrengung zu erbringen sind“ (Speck, 2012 S. 277).

Heutige Erkenntnisse der Psychologie verstehen Stufenmodelle zur Beschreibung der kognitiven Entwicklung sehr viel differenzierter als Wygotski (s. Abb. 10). „Der wesentliche Unterschied zu den ursprünglichen Modellen ist, dass kognitive Entwicklung heute nicht mehr global

verstanden wird, sondern getrennt nach Domänen, man spricht von domänenspezifischer Entwicklung“ (Sodian, 2012, S. 411 f.). Einzelne Bereiche entwickeln sich unabhängig (weit) voneinander, wie z.B. das Zahlenverständnis, die Sprache oder das Problemlösen. „Aber innerhalb der jeweiligen Domänen [...] gibt es eine Entwicklungslogik, die im Sinne eines Entwicklungsmodells aufeinander aufbaut“ (Ratz, 2017, S. 181). Mit diesen Modellen lässt sich darstellen, dass Menschen „Inseln von Fähigkeiten in einer Domäne aufweisen, [sic!] und gleichzeitig erhebliche Probleme in anderen“ (Ratz, 2017, S. 182) haben können. Diese immer differenzierteren theoretischen Modelle kognitiver Entwicklung führen weg von einem Verständnis der sogenannten Similiar-Sequence-Hypothese und hin zu einem Multiple-Pathway-Ansatz. Hinzu kommt, dass die Entwicklung bei den meisten Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung „nicht einfach bloß langsamer [verläuft], wie es die älteren entwicklungspsychologischen Stufentheorien nahelegen, sondern auf zum Teil ganz andere Weise als die Normalentwicklung“ (Hoffman & Menthe, 2015, S. 151).

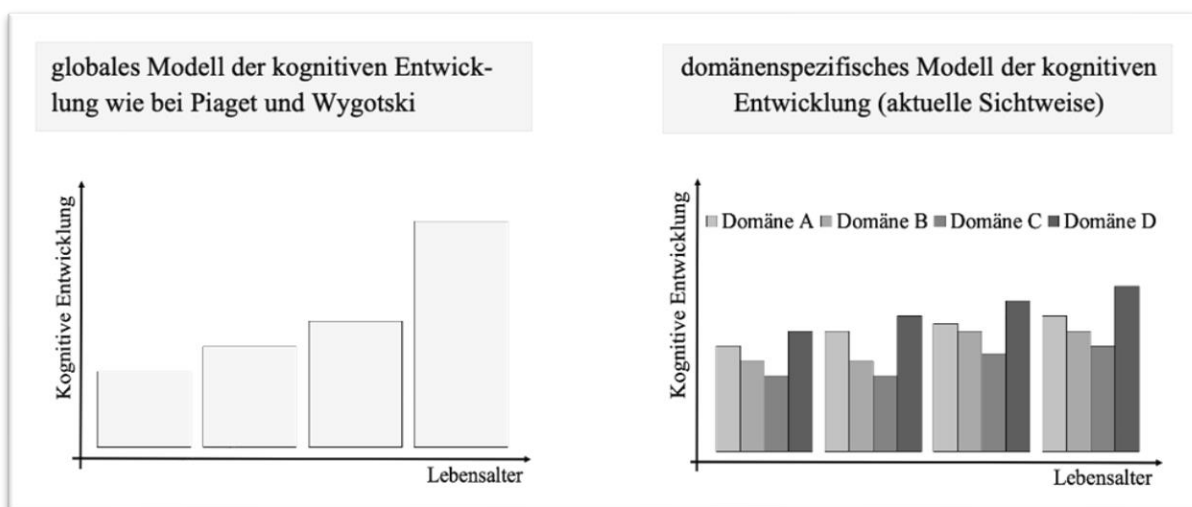


Abb. 10: schematischer Vergleich von Modellen der kognitiven Entwicklung in Anlehnung an Ratz, 2017, S. 182 – eigene Darstellung

Das Verständnis individueller Entwicklungswege ist im Hinblick auf eine fundierte didaktische Unterrichtsplanung im Sinne der Individualisierung für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung eminent wichtig. Nach Theunissen (2007) muss der Unterricht an deren individuellem Entwicklungs- und Handlungsniveau anknüpfen (S. 257), da sowohl eine Über- als auch eine Unterforderung den Lernprozess verhindern würde (Speck, 2012, S. 277). Giest (2015) plädiert für eine Passungsanalyse zwischen den individuellen Entwicklungsstufen und Lernvoraussetzungen, den Zielen des Unterrichts bzw. den nächsten Lernschritten und den geeigneten

Unterstützungsmaßnahmen (S. 218). Da die Sozialisationssituation von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung – und damit verbunden die Sozialisationsbedingungen – einen deutlichen Einfluss auf den Bildungsweg, den -erfolg und auf das Verhalten der Lernenden hat (Dworschak & Ratz, 2012, S. 27), müssen sie bei der Begleitung und Unterstützung Berücksichtigung finden. „Grob lässt sich der Aufgabenbereich Unterstützen in drei Bereiche klassifizieren:

- die praktische Unterstützung,
- die inhaltliche Unterstützung und
- die persönlichkeitsbildende Unterstützung“ (Schütte & Schlummer, 2016, S. 107).

Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung sind „infolge ihrer Beeinträchtigung insbesondere in den Bereichen der Kognition, der Abstraktionsfähigkeit und der Verarbeitung komplexer Sachverhalte auf eine intensivere Begleitung in einer gemeinsamen Unterrichtsgestaltung und einer Moderation innerhalb der Durchführung von Unterricht angewiesen“ (Schäfer, 2017, S. 200). Dies kann in Ausmaß und Qualität unterschiedlich angeboten werden und zu spezifischen Einzelangeboten oder physischen Hilfestellungen (z.B. Handführung) führen (s. Tab. 4). Pitsch und Thümmel (2005) weisen darauf hin, „dass das Niveau der Hilfen bei Schwierigkeiten immer wieder tiefer gestuft werden kann, bis das Kind wieder mit weniger aufdringlicher Hilfe auskommt“ (S. 110).

Tab. 4: Niveaustufen des Helfens in Anlehnung an Klaufuß, 2000, S. 140 mit der Erweiterung um die Wissenskomponente – eigene Darstellung

| Ausgangslage einer Person   | Hilfeniveau                     | Ziel der Hilfe   |
|---|---------------------------------|--|
| keinerlei eigene Aktivität<br>→ die Aktivität ist stellvertretend vollständig zu übernehmen (z.B. Essen anreichen)                        | stellvertretende Ausführung     | Anregung zur eigenen Tätigkeit                                 |
| Ansätze zur selbstständigen Ausführung<br>→ Mithilfe bzw. teilweise Übernahme mit gleichzeitiger Anleitung lebenspraktischer Fertigkeiten | Mithilfe                        | Wissenserweiterung und Anleitung lebenspraktischer Fähigkeiten |
| Ausführung gelingt, jedoch nicht sachgerecht<br>→ Beobachtung und Korrektur, damit Fertigkeiten zur Routine werden                        | Beobachtung und evtl. Korrektur | Anwendung von Wissen und Übung lebenspraktischer Fähigkeiten   |
| Tätigkeiten werden ausgeführt, aber nicht in den Lebenszusammenhang eingeordnet<br>→ Begründungen (Erklärungen) und/oder Aufforderungen   | Rückmeldung und Begründung      | Transfer von Wissen und Ausübung lebenspraktischer Fähigkeiten |
| selbstständige und sachgerechte Ausführung<br>→ Sicherung der dafür notwendigen Bedingungen   | Begleitung                      | Sicherung der zur Eigenständigkeit nötigen Bedingungen         |

Für Lernende mit Komplexen Beeinträchtigungen bzw. mit einem besonders hohen Bildungs- und Erziehungsbedarf „sind positive und verlässliche Beziehungen und Rahmenbedingungen eine Grundvoraussetzung dafür, dass die Betroffenen offen für ihre Umwelt sind und Interesse und Motivation entwickeln können“ (Biermann, 2008, S. 57). Erst wenn sich die Lernenden auf die schulische Situation einlassen können (Raum, Geräuschpegel, Licht, Personenwechsel, Situationswechsel), sind Lernprozesse möglich (Schäfer, 2017, S. 165). Um zu verhindern, dass für Lernende mit Komplexen Beeinträchtigungen die Schule zu einer therapeutischen Einrichtung wird, müssen therapeutische Ziele und formale Bildungsinhalte in den Lehrplänen festgeschrieben und im Unterricht integriert werden. Terfloth und Bauersfeld (20015) begründen dies damit, dass Sensorik, Emotionalität, Kommunikation, Sozialität und Motorik sowohl Voraussetzung und Bedingung als auch Ergebnis der kognitiven Entwicklung sind (S. 114). Des Weiteren müssen Lernmaterialien und Hilfsmittel individuell auf die Entwicklungsvoraussetzungen abgestimmt und nicht selten kreativ entwickelt werden (Terfloth und Bauersfeld, 20015, S. 47). Insbesondere für Lernende mit Komplexen Beeinträchtigungen sind einschlägige Hilfen, Grundlagenliteratur und Unterrichtsmaterialien für Lehrende im Internet und Buchhandel rar (Pitsch, 2015, S. 9).

Damit ist die Didaktik im Bildungsgang Geistige Entwicklung keine feste Größe. „Sie bewegt sich zwischen den Polen Orientierung an den Fächern der allgemeinbildenden Schulen und den Bedürfnissen des geistigbehinderten Menschen, die wiederum einer festen Größe von geistiger Behinderung zuzuordnen ist“ (Schurad, 2006, S. 64). Nichtsdestotrotz gibt es einige spezifische Unterrichtsprinzipien, die in diesem Bildungsgang beachtet werden sollten und im Folgenden vorgestellt werden.

### **4.3.3 Unterrichtsprinzipien im Bildungsgang Geistige Entwicklung**

Unterrichtsprinzipien stellen zentrale Bestimmungsfaktoren für methodische Entscheidungen von Lehrkräften dar und werden zur Planung, Durchführung, Auswertung und Legitimation von Unterricht herangezogen (s. Abb. 11). Nach Schröder (2000) gelten sie in ihrem Kern für alle Unterrichtsfächer in allen Schulstufen und -arten gleich (S. 161).



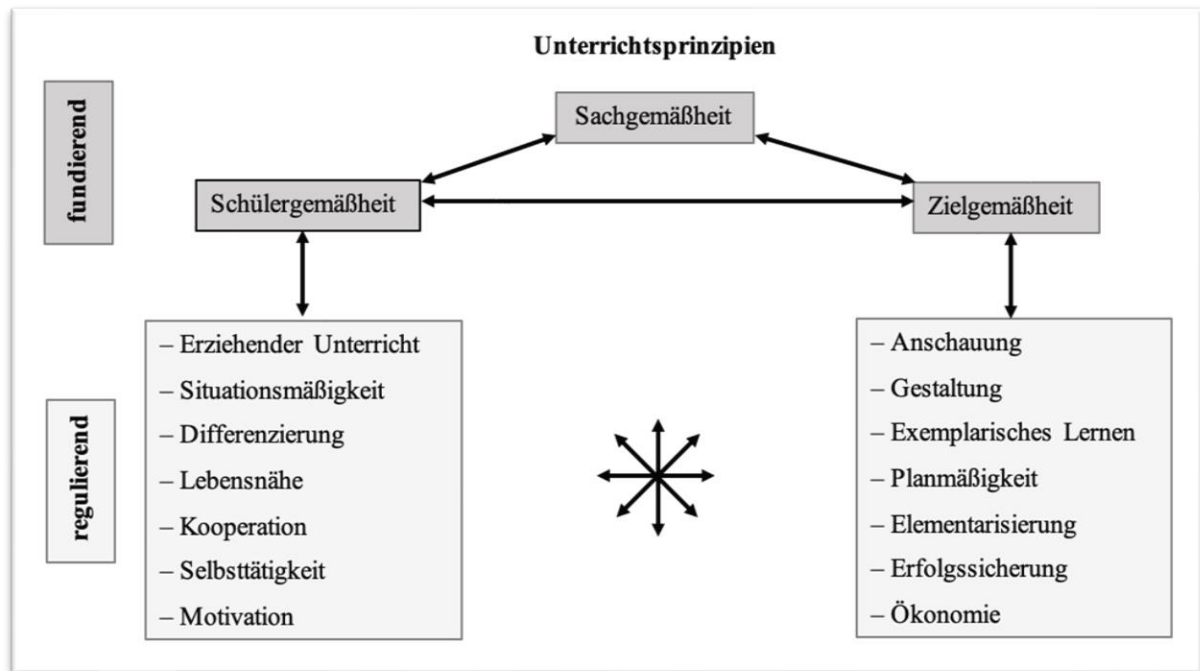


Abb. 11: fundierende und regulierende Unterrichtsprinzipien in Anlehnung an Gonschorek & Schneider, 2009, S. 280 – eigene Darstellung

Aus den allgemeinen Unterrichtsprinzipien lassen sich bestimmte Denkrichtungen und Handlungsperspektiven ableiten und konkrete didaktische Entscheidungen legitimieren. Daher sind „Unterrichtsprinzipien [...] keine Regeln, Rezepte oder konkrete Handlungsanweisung, stellen aber eine wesentliche Orientierungsgrundlage für verantwortliche pädagogisch-didaktische Entscheidungen dar“ (Graf, 2004, S. 132). Da es keine allgemeingültigen Prinzipien gibt, muss die Bedeutung der Unterrichtsprinzipien für jede Lehr-Lern-Situation neu festgestellt werden (Apel, 1992, S. 37). Nach Fischer (2008) „kann ein bestimmtes Prinzip im Unterricht einer Klasse zu großem Erfolg führen, bei einer anderen hingegen bleibt dieser aus. Je nach Zielsetzungen, Lernvoraussetzung und jeweiligem Zeitpunkt des Einsatzes ist ein Prinzip sinnvoll anwendbar oder auch nicht“ (S. 210).

Nach Apel (1992) können einige Prinzipien immer angewandt werden, da sie Lernen ermöglichen und den Lernprozess fördern. Die Wirksamkeit der Prinzipien ist abhängig von den individuellen Voraussetzungen der Lernenden und daher unterschiedlich (S. 40). Vermittlungsformen, wie z.B. gelenkte Unterrichtsgespräche, Vorträge von Lehrkräften oder Referate von Lernenden, sollten eher bei „leistungsstarken“ (Fischer, 2008, S. 207) Lernenden zum Einsatz kommen. Daher sollten sich Lehrkräfte bewusst für dieses oder jenes Prinzip entscheiden bzw. die Prinzipien flexibel handhaben und variieren, je nachdem, was für den Unterricht förderlich ist (Apel, 1992, S. 40).

Bei der Gestaltung von Unterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung sollten sowohl fundierend als auch regulierend Unterrichtsprinzipien beachtet werden. Diese unterscheiden sich grundsätzlich nicht von denen des Unterrichts in anderen Bildungsgängen. Nach Fischer (2008) „gibt es dennoch eine Reihe von spezifischen Ausdifferenzierungen und Variationen [sic!] die einen Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung auszeichnen“ (S. 11 f.). Es gibt z.B. bei Pitsch und Thümmel (2011, S. 180 ff.), Fornefeld (2004, S. 113 ff.), Straßmeier (2000, S. 94 f.) und Speck (2012, S. 271 ff.) Übersichten über allgemeine Unterrichtsprinzipien als auch spezifische für den Bildungsgang Geistige Entwicklung (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 50).

Die hier aufgelisteten Unterrichtsprinzipien sind für die vorliegende Arbeit elementar und werden in den folgenden Unterkapiteln näher erläutert:

- Prinzip der Handlungsorientierung
- Prinzip der Selbsttätigkeit
- Prinzip der kleinen Schritte
- Prinzip der Differenzierung (Individualisierung)
- Prinzip der Elementarisierung
- Prinzip der Anschaulichkeit
- Prinzip der Ganzheitlichkeit
- Prinzip der Fachorientierung
- Prinzip der Lebensnähe
- Prinzip der Motivation
- Prinzip der Strukturierung
- Prinzip der Flexibilität.

#### **4.3.3.1 Prinzip der Handlungsorientierung**

Für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung eignet sich weniger „ein stark lernzielorientiertes didaktisches Vorgehen, das den Unterricht an Regelschulen viele Jahre prägte“ (Fischer, 2008, S. 112). Lernende im Bildungsgang Gymnasium profitieren ebenso von handlungsbezogenen Angeboten und einem beziehungsorientierten, methodischen Vorgehen. Nach Jank und Meyer (2002) ist handlungsorientierter Unterricht „ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht, in dem die zwischen dem Lehrer und den Schülern vereinbarten Handlungsprodukte die Organisation des Unterrichtsprozesses leiten, [sodass] Kopf- und Handarbeit der Schüler in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden“ (S. 315). Wenn Lernprozesse zusätzlich mit konkretem Handeln verbunden werden, gelangen Informationen besonders

wirkungsvoll ins Gehirn, weshalb Lernen durch Handeln oft besonders erfolgreich ist (Miessler & Bauer, 1994, S. 40 f.). Pitsch und Thümmel (2005) betonen, dass es keine „untere“ Grenze der Handlungsorientierung gibt, denn „[b]ereits das gerade erst geborene Kind setzt Impulse zu stellvertretendem äußeren [sic!] Handeln. Es lässt Tätigkeiten zur Befriedigung seiner eigenen Bedürfnisse durch andere ausführen“ (S. 184).

Damit ist Handlungsorientierung grundlegendes Unterrichtsprinzip für alle Lernenden (Fischer, 2008, S. 12) und „hat seinen Niederschlag auch in der Unterrichtskonzeption des handlungsorientierten Unterrichts gefunden“ (Graf, 2004, S. 139). Laut der KMK-Empfehlungen für inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen (2011) soll das „Konzept des handlungsorientierten, ganzheitlichen Unterrichts [...] den Kindern und Jugendlichen die notwendigen Erfahrungs- und Zugangsfelder für aktive, zunehmend selbstständige und ergebnisorientierte Entwicklungsprozesse bieten“ (S. 9).

Ziel handlungsorientierten Unterrichts ist die Förderung von Handlungsfähigkeit und Selbstständigkeit, die Voraussetzungen für Teilhabe sind. Dafür muss nach Pitsch und Thümmel (2005) die Handlung ggf. in ihre Teile zerlegt werden (Prinzip der kleinen Schritte), damit die Lernenden sukzessive jeden Schritt selbstständig ausführen können (S. 60 f.). „Selbstbestimmtes Handeln muss als Ziel und gleichzeitig als Methode des Unterrichts begriffen werden, wodurch sich neue didaktisch-methodische Wege eröffnen, um in handlungsorientierter Lernprozessgestaltung Handlungsfähigkeit zu entwickeln und autonomes Handeln zu realisieren“ (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 41). Darüber hinaus befähigt der handlungsorientierte Unterricht die Lernenden, sich selbstständig Wissen anzueignen, Probleme zu lösen, Entscheidungen zu treffen und in Handlungen zu erproben. Er erzeugt dadurch positive emotionale Erlebnisse (Bosse, 2017a, S. 65).

Insbesondere die selbstständige Auseinandersetzung schürt Neugierde und Interesse bei Lernenden, woraus intrinsische Motivation entstehen kann. Dafür müssen die Kompetenzen der Lernenden erkannt, individuell in der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden sowie Arbeitsaufträge den unterschiedlichen Niveaus der Handlungskompetenzen entsprechen, sodass die Lernenden ihre Handlungsfähigkeit entwickeln können (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 210 f.). Sie sollen einerseits den Arbeitsauftrag, soweit es geht, selbstständig erkennen sowie andererseits eigenständig und möglichst unabhängig von Lehrkräften arbeiten können. Daher muss der Sprach- und Handlungsanteil der Lehrkraft weitestgehend reduziert sein (Sabo & Terfloth, 2011, S. 360 f.).

### **4.3.3.2 Prinzip der Selbsttätigkeit**

Bildung impliziert im Humboldtschen Sinne Selbstbildung, da „alle Veränderungs- und Lernprozesse vom Betroffenen selbst ausgehen müssen“ (Theunissen & Kulig, 2009, S. 533). Im Sinne der Teilhabe ist es bedeutsam, Selbsttätigkeit herauszufordern. Speck (2012) verweist darauf, dass es „[n]ur durch eigenes Tun [...] möglich [wird], sich die äußere Wirklichkeit einzuverleiben“ (S. 272). Daher geht es beim Prinzip der Selbsttätigkeit darum, Lernende im Unterricht zu animieren, (möglichst) selbstständig und eigenverantwortlich zu handeln. Da sie durch eigenes Handeln Erfahrungen sammeln, greifen die Prinzipien der Selbsttätigkeit und der Handlungsorientierung ineinander (Pitsch & Thümmel, 2011, S. 186).

Das Prinzip der Selbstständigkeit soll „erheblich dazu [...] [beitragen], dass Menschen mit geistiger Behinderung mehr zugetraut wird“ (Klauß, 2003, S. 120), da ihnen häufig Passivität nachgesagt wird (Theunissen & Kulig, 2009, S. 534). Selbstständigkeit bedeutet zum einen das Selbst-Tun, d.h. die motorische Ausführung einer Tätigkeit, zum anderen umfasst der Begriff die kognitiven Aspekte des Selbst-Entscheidens, Selbst-Auswählens und Selbst-Bestimmens (Grampp, 1980, S. 99). Durch einen selbsttätigen Umgang mit den Bildungsinhalten und den daraus resultierenden, individuellen Erfahrungen werden die kognitiven Strukturen der Lernenden ausgebaut (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 164) und durch positive Erfahrungen, wird ein intrinsisch motiviertes Lernen gefördert.

### **4.3.3.3 Prinzip der kleinen Schritte**

Beim Prinzip der kleinen Schritte wird Handlung in kleine Teilschritte gegliedert, die den Lernenden Teilaspekte verdeutlicht und dadurch die Komplexität aufgelöst (Pitsch, 2002, S. 215 ff.). Gleichzeitig muss ein Überblick über den Gesamtzusammenhang ermöglicht werden (Schütte & Schlummer, 2016, S. 124).

Das Zeigen und Bewusstmachen der einzelnen Handlungsschritte ist wichtig, um dem Ziel der selbstständigen Handlungskompetenzen gerecht zu werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Lehrkräfte die Handlungen nicht vorzeigen und vormachen (Demonstration), sondern den Lernenden „das Selbermachen, Sich-selbst-Aneignen, Eigene-Lernwege-Gehen, Kreativwerden und Fehler-begehen-Dürfen“ (Graf, 2004, S. 138) ermöglichen.

### **4.3.3.4 Prinzip der Differenzierung (Individualisierung)**

Die Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen und die Differenzierung von Lernprozessen gelten als wichtige Qualitätsmerkmale von Unterricht (Hauerstein & van Vorst, 2019, S. 157). Für von der Groeben (2008) ist im Bildungsgang Geistige Entwicklung die

Unterscheidung in *Fundamentum et Additum* zentral, d.h. die Differenzierung zwischen einem gemeinsamen Inhaltsbezug und individuellen Spezifikationen. Das Fundamentum sollte so gewählt werden, dass die darin angestrebten Kompetenzen von allen Lernenden erreicht werden können. Individuelle Schwerpunkte und Erweiterungen können im Rahmen des Additums angeboten werden, die auch individuelle Lernbedürfnisse bis zur Hochbegabung berücksichtigen können (von der Groeben, 2008, S. 58). Das Prinzip der Differenzierung bzw. Individualisierung betrachtet die Diversität der Lernenden als Ressource und Bereicherung für die Bildung. Dadurch wird auch das Lernen über Diversität gefördert (European Agency for Development in Special Needs Education, 2012, S. 8).

Vor dem Hintergrund der individuellen Lernvoraussetzungen ermöglichen Differenzierung bzw. Individualisierung den Lernenden ein selbstständiges Arbeiten und erfolgreiches Lernen (Qualitäts- und UnterstützungsAgentur - Landesinstitut für Schulen NRW [QUA-LiS NRW], o.J.; o.S.). Abb. 12 zeigt eine Übersicht sich bedingender, potenzieller Differenzierungsmöglichkeiten und -kriterien für eine individuelle und differenzierte Unterrichtsplanung und -gestaltungen, die aus verschiedenen Literaturquellen herausgearbeitet wurde. Diese Differenzierungs- und Individualisierungsmaßnahmen „sind nicht beliebig zu entscheiden, sondern auf der Basis der individuellen Lernchancen auszuwählen und zu planen“ (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 18). Die Form der Differenzierung ist also stark von der jeweiligen Lerngruppe, den individuellen Kompetenzen der Lernenden und den situativen Besonderheiten abhängig, d.h., sie ist nur bedingt planbar und verallgemeinerbar (Arbeitsstelle Inklusion der Bezirksregierung Köln, 2019, S. 31). Im Sinne der „optimalen Passung“ (Graf, 2004, S. 137) ist es didaktisch geschickt und pädagogisch sinnvoll zu versuchen, den Bildungsinhalt mit den Augen der Lernenden zu sehen und danach den Unterricht zu planen und zu gestalten (Graf, 2004, S. 137). Dabei ist zu beachten, dass trotz individueller Gestaltung und Individualisierung ein systematisches gemeinschaftliches Lernen von Bildungsangeboten erreicht werden kann (von der Groeben, 2008, S. 56).

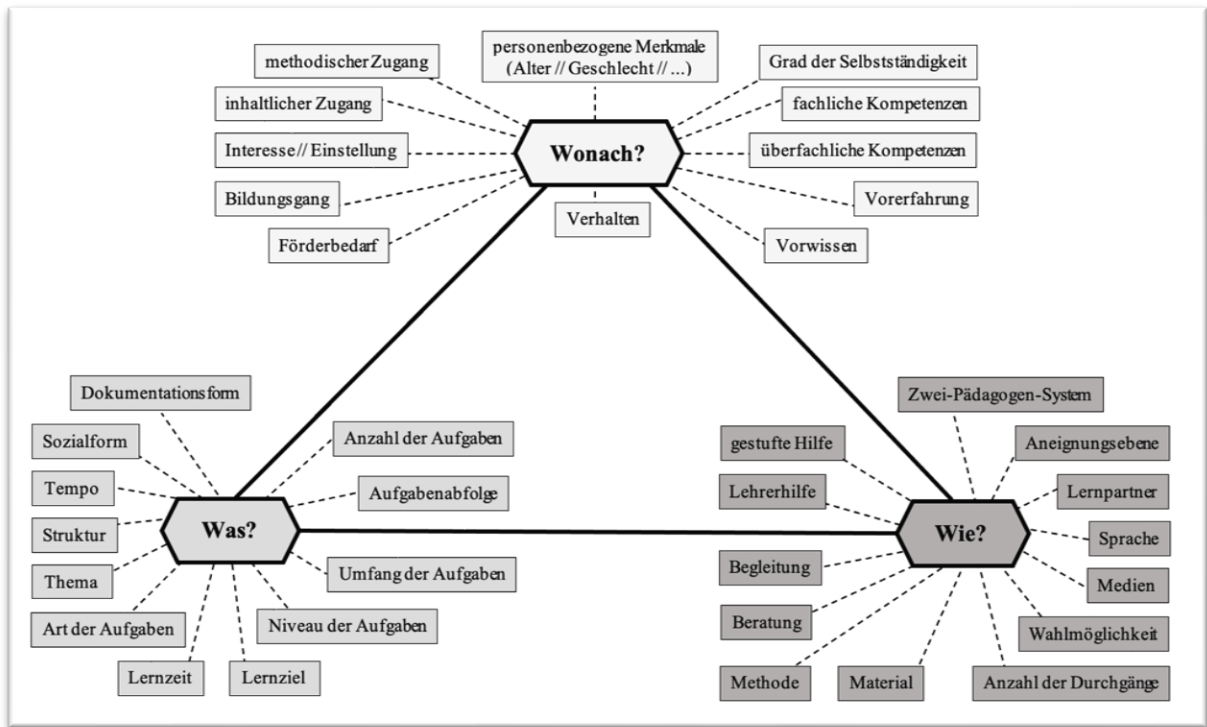



Abb. 12: Übersicht über potenzielle Differenzierungsmöglichkeiten und -kriterien – eigene Darstellung

Für den Lernprozess werden in der Literatur Niveaustufen beschrieben, durch die sich Lernende auf unterschiedlichen Ebenen mit einem gemeinsamen Bildungsgegenstand auseinandersetzen und sich diesen zu eigen machen können (s. Tab. 5). Diese Niveaustufen können qualitativ unterschieden werden, sind altersübergreifend und erlauben keine Rückschlüsse auf eine Beeinträchtigung oder das Lebensalter der Lernenden (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2009, S, 14). Durch die Niveaustufen soll allen Lernenden die Möglichkeit eröffnet werden, mit kulturell bedeutsamen Bildungsinhalten in Kontakt zu kommen und diese entweder in eher lebenspraktischen, wahrnehmungsorientierten oder deutlich abstrakteren Kontexten zu erfahren. Sie stellen keine klar festgelegte individuelle Einteilung dar, sondern sind vom jeweiligen Kontext, der Situation oder der Tagesform abhängig.

Tab. 5: *Synopse verschiedener Niveaustufen – eigene Darstellung*



| <b>Dominierende Tätigkeit</b><br>(Leontjew, 1973) | <b>Repräsentationsmodi</b><br>(Bruner, 1971) | <b>Aneignungsmöglichkeiten</b><br>(Goschler, 2018) | <b>Zugangsmöglichkeiten</b><br>(Fischer, 1999; Straßmeier, 2000) |
|---|--|--|--|
| perzeptiv   |  | basal-perzeptiv                                    | sinnlich wahrnehmend   |
| manipulativ                                       | enaktiv<br>(handelnd)                        | konkret-gegenständlich                             | handelnd aktiv   |
| gegenständlich                                    |  |  |  |
| Spiel   | ikonisch<br>(bildlich)                       | anschaulich-symbolisch                             | bildlich darstellend   |
| Lernen  | symbolisch<br>(sprachlich / formal)          | abstrakt-begrifflich                               | begrifflich abstrakt   |
| Arbeit  |  |  |  |

Wenn der Bildungsinhalt so aufbereitet ist, „dass alle Schüler/-innen alle Repräsentationsformen durchlaufen können“ (Kahlert & Heimlich, 2012, S. 174), es aber nicht müssen, ergeben sich Teilhabemomente. Daher ist es wichtig, verschiedene Anknüpfungspunkte an den Bildungsinhalt für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung zu bieten, damit die Aufbereitung des Bildungsinhaltes mit den Möglichkeiten der Lernenden korrespondiert, sich mit dem jeweiligen Inhalt auseinandersetzen zu können. Das muss berücksichtigt werden, weil nur diese Entsprechung Lernprozesse anregen und begünstigen kann (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 129). Mithilfe der verschiedenen Niveaustufen kann im Bildungsgang Geistige Entwicklung nicht nur Differenzierung und Individualisierung realisiert werden, sondern Lernende können auch mehr Erfolge erleben, wodurch Motivation im Unterricht aufrechterhalten wird (Michna et al., 2016, S. 293).

#### 4.3.3.5 Prinzip der Elementarisierung

Das Prinzip Elementarisierung wird in der Fachliteratur oftmals synonym mit Reduktion verwendet. „Die in der Elementarisierung implizierte Reduktion hat das Ziel, einen fachlichen Sachverhalt so zu vereinfachen, dass er einerseits wissenschaftlich wahr bleibt, andererseits für den Lernenden fassbar wird“ (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 50). Menschen lernen umso erfolgreicher, „je angemessener bzw. ‚passender‘ ein Lernangebot für den jeweiligen Schüler [...] (im Hinblick auf seine sachbezogenen Vorerfahrung, die allgemeine [sic!] kognitiven Strukturen und Auffassungsmöglichkeiten, die Aufmerksamkeitsspanne u.a.)“ (Fischer, 2008, S. 175 f.) ist. Insbesondere für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung „ist es erfor-

derlich, durch den didaktischen Prozess der Elementarisierung den Kern des Themas und dessen mögliche Bedeutung für [...] [sie] herauszuarbeiten“ (Klauß & Lamers, 2010, S. 313 f.). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer Aufbereitung der Bildungsinhalte, bei der der individuelle Entwicklungsstand bzw. die kognitiven Auffassungsmöglichkeiten der Lernenden berücksichtigt werden müssen, damit diese „zum subjektiv bedeutsamen Lerngegenstand für die Schülerinnen und Schüler werden“ (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 86) können. Stöppler und Wachsmuth (2010) betonen, dass es sich um eine Assimilierung des Bildungsinhalts an die Lernenden handelt und „keinesfalls um eine Trivialisierung bzw. Banalisierung der Thematik“ (S. 51). Eine gelungene Elementarisierung im Bildungsgang Geistige Entwicklung muss nach Lamers und Heinen (2006) drei Hauptkriterien erfüllen:

- Sie muss fachgerecht sein:  
Das fachlich Richtige darf zum besseren Verständnis durch nicht ganz stimmige Modellvorstellungen und Analogien erläutert werden.
- Sie muss adressatengerecht sein:  
Das Vorwissen und die Alltagsvorstellungen der Lernenden, also ihre kognitive Struktur, müssen berücksichtigt werden.
- Sie muss weiterhin zielgerichtet sein:  
Es muss sich auf das didaktisch Relevante, das Wesentliche des zu vermittelnden Unterrichtsstoffes und der damit verfolgten Ziele konzentriert werden (S. 159 ff.).

Diese Kriterien schließen eine schematische und allgemeingültige Elementarisierung aus. Letztere muss, abhängig von den Möglichkeiten der Lernenden, den Unterrichtsinhalten etc., jeweils neu bedacht und erarbeitet werden. „Um die verschiedenen Lern- und Aneignungsmöglichkeiten im Unterricht berücksichtigen zu können, sind geöffnete Lernformate und differenzierte Lernanlässe im Sinne eines handlungsorientierten Lernens notwendig“ (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 88).

Durch den Abstimmungsprozess zwischen Lerninhalt und Lernenden, durch die Herausarbeitung elementarer, grundlegender Sinneinheiten und die didaktische, inhaltliche, methodische und begriffliche Aufarbeitung werden „im hierarchischen Bildungssystem angelegte implizite Verknüpfung von Bildungsinhalt und kognitivem Lernvermögen“ (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 86) überwunden. Daher wird die Elementarisierung als Weg zur didaktischen Realisierung eines umfassenden Bildungsanspruchs betrachtet (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 86) und orientiert sich an der Grundannahme, dass Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung eine Teilhabe an allen gesellschaftlichen und kulturellen Erfahrungen ermöglicht wird,



wenn sich deren Bildungsinhalte „nicht grundlegend von denen nichtbehinderter Menschen unterscheiden“ (Lamers & Heinen, 2006, S. 157).

#### **4.3.3.6 Prinzip der Anschaulichkeit**

Das Prinzip der Anschaulichkeit ist auf Comenius (1627) in seinem „Orbis sensualium pictus“ zurückzuführen. Eingebunden in das Prinzip der Elementarisierung geht es beim Prinzip der Anschaulichkeit zunächst um reale, konkrete, tatsächliche und vertraute Dinge und Themen. Für Pitsch und Thümmel (2011) schafft „Anschaulichkeit [...] eine Verbindung mit der Realität“ (S. 191) für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung und motiviert sie, „sich mit dem Lerngegenstand über einen längeren Zeitraum zu befassen“ (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 52).

Das Prinzip der Anschaulichkeit lässt sich in Primärerfahrungen, einem direkten Erfahren des Bildungsinhalts, und Sekundärerfahrungen, z.B. in Form von Arbeitsblättern, Texten, Bildern oder Modellen, unterscheiden (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 52). Ziel ist, dass sich Lernende den Bildungsinhalt durch reale Gegenstände, bildliche Darstellungen etc. möglichst konkret vorstellen können. Wichtig ist zu bedenken, dass für einige Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung z.B. die Figur-Grund-Wahrnehmung eine Barriere darstellen kann, wenn die Darstellungen nicht kontrastreich sind (Scholz, 2015, S. 122 f.).

Pitsch und Thümmel (2011) betonen, dass durch das Prinzip der Anschaulichkeit vernetztes Denken bei Lernenden über das Erkennen von Zusammenhängen gefördert und letztendlich verankert werden kann (S. 191 f.), da die neuen zusätzlichen Informationen mit realen Erlebnissen und Erfahrungen verknüpft werden können (Vester, 2007, S. 199 f.). Zusammenfassend stellen Stöppler und Wachsmuth (2011) fest, dass durch „Veranschaulichung im Unterricht [...] die Leistungen der Schüler beim Auffassen und Behalten neuen Lernstoffs gesteigert werden“ (S. 51 f.) können.

#### **4.3.3.7 Prinzip der Ganzheitlichkeit**

Das Prinzip der Ganzheitlichkeit, worunter ein Lernen mit mehreren Sinnen verstanden wird, erleichtert aus neurobiologischer Sicht die Aufnahme und Übertragung von Wissen. „Je mehr Wahrnehmungsfelder im Gehirn beteiligt sind, desto mehr Assoziationsmöglichkeiten für das tiefere Verständnis werden vorgefunden, desto größer werden Aufmerksamkeit und Lernmotivation und desto eher findet man die gelernte Information wieder, wenn man sie braucht“ (Vester, 2007, S. 199).

Daher sollte jeder Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung nicht nur auf dem Sehsinn basieren, sondern andere Kanäle berücksichtigen, wie z.B. Hör-, Tast-, Geruchs- und Geschmackssinn (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 51). Je mehr Sinnesorgane bzw. Informationskanäle gleichzeitig angesprochen und beansprucht werden, desto eher ist sichergestellt, dass die Informationen über die individuell passenden Informationskanäle ins Gehirn gelangen (Miessler & Bauer, 1994, S. 40 f.). Außerdem können durch Multimodalität, d.h. eine parallele Nutzung möglichst vieler Sinneskanäle, sehr viele Informationen zu einem Gegenstand das Gehirn erreichen.

Je mehr Gehirnregionen gleichzeitig aktiviert werden, desto mehr Möglichkeiten bestehen für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, sich diese einzuprägen und zu verarbeiten. Es gibt darüber hinaus mehr Assoziationsmöglichkeiten, was den Abrufprozess erleichtert (Pitsch, 2002, S. 224). Somit können ganzheitlich aufbereitete Bildungsinhalte durch das Adressieren verschiedenster Sinneskanäle die Aufnahme von Bildungsinhalten erleichtern.

Für Speck (2012) beinhaltet das Prinzip der Ganzheitlichkeit neben der vielsinnigen Erschließung eines Bildungsinhalts auch die Einbettung in einen realen Sinnzusammenhang (S. 273). So können mögliche Probleme kompensiert oder die Aufmerksamkeit gesteigert werden.

#### **4.3.3.8 Prinzip der Fachorientierung**

Das Prinzip der Fachorientierung beinhaltet einerseits, dass die Unterrichtsinhalte fach- und sachgerecht im Bildungsgang Geistige Entwicklung behandelt werden. Andererseits sollen den Lernenden fachliche Kompetenzen vermittelt werden, damit sie fachlich richtig agieren können. Ziel ist somit, Lernenden Fachwissen, Methodenkenntnisse, Handlungswissen und Problembewusstsein zu vermitteln (Wiater, 2008, S. 10 f.).

Fischer (2005) betont, dass auch für den Bildungsgang Geistige Entwicklung neben erziehungswissenschaftlichen Kenntnissen und Standards aus verschiedenen sonderpädagogischen Fachrichtungen unbedingt fachliche bzw. fachwissenschaftliche Aspekte der Unterrichtsfächer ausreichend zugrunde gelegt werden müssen (S. 25 f.). Die Fachdidaktiken verfügen über ein reichhaltiges Repertoire fachimmanenter, methodischer Hinweise und Kenntnisse, die obligatorisch bei der Vermittlung und Anwendung fachlicher Inhalte und Techniken, beim Einsatz spezifischer Geräte und dem Aufbau fachlicher Fähig- und Fertigkeiten sind (Fischer, 2005, S. 26). Dem Prinzip entsprechend, sollen diese im jeweiligen Unterricht durchgehend Berücksichtigung finden.

#### **4.3.3.9 Prinzip der Lebensnähe**

Das Prinzip der Lebensnähe berücksichtigt die individuelle gegenwärtige und zukünftige Lebenswelt der Lernenden (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 54), da sie „immer bereits über eigene Zugänge zur Welt, persönliche Konstruktionen von Wirklichkeit verfügen“ (Fischer, 2005, S. 22). Im Konstruktivismus werden Lernende als „eigen-sinnige“ (Voß, 2002, S. 35) und selbstverantwortliche Konstrukteure ihrer Lebens- und Lerngeschichten verstanden. Für Fischer (2005) ergibt sich daraus, dass auch Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung ihre individuellen Lern- und Lebenserfahrungen im Unterricht beisteuern können und sollen. Lehrkräfte müssen diese berücksichtigen (S. 23).

Durch das Prinzip der Lebensnähe, d.h. einer konsequenten Bezugnahme zu den bisher gemachten Erfahrungen, wird der Unterricht nach Stöppler und Wachsmuth (2010) lebensnah. Außerdem bezieht sich der Unterricht auf die Realität, bleibt sachgemäß (S. 54) und neue Bildungsinhalte können „sich eher auf vielen Ebenen im Gehirn verankern“ (Vester, 1993, S. 143). Für die Gestaltung (komplexer) Bildungsinhalte müssen die Lebensnähe bzw. Alltagsrelevanz sowie die individuellen Möglichkeiten und Zugänge der Lernenden berücksichtigt werden (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 210). Speck (2012) konstatiert, dass das Prinzip der Anschaulichkeit im Prinzip der Lebensnähe eingebunden ist (S. 275).

#### **4.3.3.10 Prinzip der Motivation**

Nach Graf (2004) ist Lernen ohne Motivation nicht möglich, sodass für die Lernenden motivationskräftige Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen (S. 139). In der Literatur wird häufig zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation unterschieden. Diese wurden lange Zeit als Gegensatzpaar dargestellt. Deci und Ryan (1993) ziehen mit der Selbstbestimmungstheorie der Motivation diese Trennungslinie nicht mehr so rigoros und postulieren, „daß [sic!] extrinsische und intrinsische Motivation keine Antagonisten darstellen“ (S. 226). Das Vorhandensein extrinsischer Motivation wird umso wichtiger, wenn intrinsische fehlt. Daher ist eine Kombination beider sinnvoll (Killermann et al., 2008, S. 64).

Nach Deci und Ryan (1993) können folgende Bedingungen die Lernmotivation unterstützen:

- nachvollziehbare Bedeutung des Lehrstoffes
- Instruktionsqualität
- soziale Einbindung
- Autonomieunterstützung
- handelnde Auseinandersetzung mit einem Inhalt (S. 236).

Insbesondere für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung ist das Prinzip der Motivation sehr relevant für einen Lernerfolg. „Treffen Schülerinnen und Schüler während des Lernprozesses zunehmend auf Schwierigkeiten, wird die Motivation negativ beeinflusst und damit der Wissenserwerb gestört, bleibt jeglicher Lernerfolg aus, droht die Lernmotivation weitgehend zu versiegen“ (Michna et al., 2016, S. 293). Damit wird deutlich, dass sich alle bereits beschriebenen Unterrichtsprinzipien dazu eignen, Lernmotivation bei Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung anzuregen bzw. fördern zu können, damit „Lernen sich zu einem selbstverstärkenden Prozess entwickeln [kann], bei dem als erfolgreich erlebte und bewertete Lernschritte zu positiven Verstärkern werden“ (Hartke, 2000, S. 375).

Zu bedenken ist, dass „für das Entstehen von Interesse nicht nur gegenstandsbezogene Anreize von Bedeutung sind, sondern auch person-immanente [sic!] Faktoren, auf die Lernarrangements zunächst keinen Einfluss haben“ (Killermann et al., 2008, S. 65).

#### 4.3.3.11 Prinzip der Strukturierung

Das Prinzip Strukturierung oder Rhythmisierung bietet den Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung durch wiederkehrende Abfolgen einen Orientierungsrahmen (Pitsch & Thümmel, 2011, S. 187 f.). „Die wohl populärste Methode [sic!] um Abläufe zu strukturieren [sic!] ist die regelmäßige Wiederholung“ (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 52). Ausreichende Übungs- und Wiederholungsmöglichkeiten sowie Rituale, aber auch verbindliche (Verhaltens-)Regeln sorgen dafür, dass Lernende Bildungsinhalte besser verarbeiten, lernen und möglichst auf andere Situationen transferieren können (Pitsch & Thümmel, 2005, S. 94 f.). Viele Fertigkeiten sind erst verfügbar, nachdem sie ausgiebig geübt und wiederholt wurden.

Das Prinzip der Strukturierung beinhaltet auch die Anpassung des Unterrichtstempos und des Zeitmaßes der Lernenden. Schütte und Schlummer (2016) verstehen darunter, dass der eigene Rhythmus und die Dynamik einer jeweiligen Lerngruppe akzeptiert werden und auf Seiten der Lehrkräfte gruppenspezifische Prozesse bekannt sein müssen (S. 125). Meyer (2007) versteht den Dreierschritt der Unterrichtsgestaltung, d.h. Einstieg – Erarbeitung – Ergebnissicherung, als methodischen Grundrhythmus des Unterrichts, der als festes Verlaufsmuster zu berücksichtigen ist (S. 70). Jede Unterrichtsphase hat eine bestimmte Funktion:

- Einstiegsphase
  - inhaltliche Hinführung (Arbeitsauftrag klären)
  - Motivation der Lernenden
  - Aktivitäten der Lehrkräfte im Fokus



- Erarbeitungsphase



- größtmögliche selbstständige Auseinandersetzung mit dem Bildungsinhalt
- Aktivitäten der Lernenden im Fokus
- Lehrkräfte in der Rolle der Lernbegleitung

- Ergebnissicherung



- Reflexion der Ergebnisse und des Unterrichtsinhaltes
- Weiterführung der Arbeit
- Üben und Anwenden der erworbenen Kompetenzen
- Gemeinsame Aktivitäten von Lernenden und Lehrkräften (Meyer, 2007, S. 71).

Diese Phasen sind universell und gelten auch im Bildungsgang Geistige Entwicklung, weil sich die Zielstellungen, Inhalte, Unterrichtsprinzipien und Methoden des Unterrichts im Prinzip nicht vom Unterricht in anderen Bildungsgängen unterscheidet (Fischer, 2008, S. 11 f.).

#### 4.3.3.12 Prinzip der Flexibilität

Flexibilität wird in der Allgemeinen Didaktik nicht grundsätzlich als eigenständiges Unterrichtsprinzip beschrieben. Das Prinzip der Flexibilität ist für die Gestaltung von Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung essenziell, weil es den diversen Bedürfnissen der Lernenden adäquat begegnet. „Es muss für den Lehrer möglich sein, von bestimmten Vorhaben und Unterrichtsphasen, die er geplant hat, abzuweichen und den Unterricht den Bedürfnissen der Schüler anzupassen“ (Mertes, 1990, S. 21 f.).

Das Prinzip der Flexibilität umfasst zwei Aspekte, die miteinander in Verbindung stehen. Einerseits gibt es die soziale Komponente, d.h. menschliche Interaktionen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Lernende „motivationalen und emotionalen Schwankungen [...] unterliegen, deren Höhen und Tiefen sich dann im positiven wie auch negativen Sinne auf den Verlauf des Unterrichts auswirken“ (Schäfer, 2017, S. 158). Trotz sorgfältiger Diagnostik der Lernvoraussetzungen, Analyse der Rahmenbedingungen und Unterrichtsplanung ist andererseits die Unterrichtsdurchführung eine Komponente, die jedoch ungewiss ist (Terhart, 2009, S. 122 ff.). Demzufolge muss trotz detaillierter Planung und Bedingungsanalyse damit gerechnet werden, dass sich Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung nicht wie geplant realisieren lässt. „Was und wie tatsächlich gelernt wird, bleibt ein offener Prozess. Auf jeden Fall ist Unterricht so zu gestalten, dass die Schüler zu entsprechenden Lernergebnissen kommen können“ (Speck, 2012, S. 254). Außerdem hat dies Auswirkungen auf die Leistungsbewertung der Lernenden, was im nächsten Abschnitt thematisiert wird.

### **4.3.4 Leistungsbewertung im Bildungsgang Geistige Entwicklung**

Im Hinblick auf den Bildungsgang Geistige Entwicklung stellt sich einerseits die Frage, wie manche Kompetenzbereiche so operationalisiert werden können, dass sie für den genannten Personenkreis sinnvoll umgesetzt werden können (Musenberg et al., 2008, S. 312 f.). Andererseits ist unklar, wie der Kompetenzerwerb bei diesen Lernenden erfasst werden kann, da keine numerischen Rückmeldungen über Leistungen gegeben und damit Lernfortschritte nicht quantitativ beschrieben werden (Speck, 2004, S. 29). Hinzu kommt, dass keine eindeutigen Aussagen zu einem Output getroffen werden können, da sich dieser bei ihnen nicht immer messen und genauestens beobachten lässt (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 72 f.). Straßmeier (1997) stellt fest: „[D]ie Zuordnung der Themen zu einzelnen Schulstufen ist in der Schule für Geistigbehinderte nicht möglich, da das Lernniveau sehr verschieden sein kann“ (S. 68). Fischer (2011) empfiehlt „aufgrund der Heterogenität der Schülerschaft im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung [...] keinen normierten gemeinsamen Schulabschluss anzustreben und die Lernziele an den individuellen Bedarfslagen und Möglichkeiten der Schüler auszurichten“ (S. 287). Daher wird innerhalb der Disziplin über die Bezugsnorm und ein normierendes System zur Erfassung von Lernleistungen diskutiert. „Die Leistungen nur im Vergleich innerhalb [...] [einer heterogenen] Gruppe zu bewerten, lässt wenige Möglichkeiten, individuelle Leistungsfortschritte positiv zu beurteilen. Sich an der individuellen Leistungsnorm zu orientieren bedeutet, den einzelnen [sic!] an seinem potenziellen Optimum zu messen“ (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 155).












Für Terfloth und Bauersfeld (2015) sind die individuellen Lernvoraussetzungen als Bezugsgröße für die Leistungsbewertung adäquat und, z.B. in Anlehnung an die Repräsentationsmöglichkeiten, ist eine Überprüfung auf verschiedenen Niveaus denkbar (S. 139). Darüber hinaus wirkt es sich positiv auf die Lernmotivation sowie die -bereitschaft der Lernenden aus, wenn die individuellen Entwicklungsfortschritte gemeinsam reflektiert werden (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 155).

## **4.4 Schlussfolgerung: Gestaltungsprinzipien für den Bildungsgang Geistige Entwicklung**

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, dass Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung in Bezug auf Entwicklungsmöglichkeiten und -beeinträchtigungen, den damit verbundenen unterschiedlichen Auswirkungen sowie den spezifischen Stärken und Ressourcen einem extrem heterogenen Personenkreis angehören. Um Teilhabe an Bildung zu ermöglichen, muss die

Diversität der Lernenden im Unterricht berücksichtigt werden, d.h. Behinderungen und Barrieren der Lerntätigkeit müssen konkret identifiziert, pädagogisch angegangen und nach alternativen Herangehensweisen muss gesucht werden.

Daraus folgt, dass es für den Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung keine Regeln, Rezepte oder konkrete Handlungsanweisung gibt. Stattdessen werden einerseits Empfehlungen ausgesprochen, andererseits gelten Unterrichtsprinzipien als Orientierungsgrundlage für verantwortliche pädagogisch-didaktische Entscheidungen. Da in dieser Arbeit sowohl die Empfehlungen als auch die Unterrichtsprinzipien bei der Entwicklung und Implementierung der Intervention berücksichtigt werden, werden diese im Rahmen der vorliegenden Arbeit zusammenfassend als Gestaltungsprinzipien bezeichnet. Einige davon sind grundlegend, d.h. für alle Lernenden gleich, andere können auf individuelle und spezifische Bedürfnisse adaptiert werden. Wichtig ist, dass die adaptiven Gestaltungsprinzipien nicht starr, sondern durchlässig und variabel sind. Für einen großen Impact müssen möglichst viele Gestaltungsprinzipien miteinander verknüpft und im Unterricht umgesetzt werden. Um dies zu verdeutlichen, wird jedes Gestaltungsprinzip mit einem individuellen Puzzleteil dargestellt. Für den Bildungsgang Geistige Entwicklung lassen sich konkret folgende Gestaltungsprinzipien konstatieren:

|   |  |
|---|--|
|  | Kompatibilität und Assimilierung:<br>Bildungsinhalte, Methoden, Arbeitsweisen, Material, Bedürfnisse, Präkonzepte, Erfahrungen & Voraussetzungen der Lernenden |
|  | Orientierung an allgemeinen edukativen, didaktischen Erfordernissen, Kompetenzen, Werten und Normen  |
|  | fachliche Richtigkeit  |
|  | Berücksichtigung der Umweltfaktoren  |
|  | Verknüpfung formaler, allgemeiner, fachlicher und sonderpädagogischer Bildungsinhalte  |
|  | Rückmeldung & Reflexion der individuellen Entwicklungsfortschritte   |
|  | Flexibilität   |
|  | Begleitung & Unterstützung   |
|  | verschiedene Handlungsniveau und -ausführung   |
|  | multimediale Zugänge   |
|  | Zeit   |

Diese Gestaltungsprinzipien sind für den Bildungsgang Geistige Entwicklung Grundlage für methodische Entscheidungen, Planung, Durchführung und Auswertung sowie für die Legitimation von Unterricht. Durch ihre Umsetzung soll Teilhabe ermöglicht und optimiert werden. Zu betonen ist, dass es keine allgemeingültigen Gestaltungsprinzipien gibt, sondern dass diese im Sinne des DBR-Ansatzes für jede Lehr-Lern-Situation neu assimiliert werden müssen.

Ebenso müssen sie interdisziplinär mit Gestaltungsprinzipien des jeweiligen Unterrichtsfachs im Sinne des didaktischen Prinzips der Fachorientierung kombiniert werden. Deshalb werden im nächsten Kapitel der theoretische Hintergrund sowie der aktuelle Forschungsstand für das Unterrichtsfach Physik und spezifische Arbeitsweisen wie *Experimentieren* beleuchtet.



*»Science has always been concerned with advancement in understanding beyond the sensory and physical limitations that affect and challenge us all – not simply those with disabilities.*

*To advance our knowledge, it has always been important for us to develop adaptations and enhancements to our senses and physical abilities; these adaptations have helped us to develop our ability to think and to imagine and to continue to seek rational and logical explanations for the observed universe.*

*Seen in this way, significant adaptations are needed for all of us, not just those characterized as exceptional.«*

*(Mastropieri & Scruggs 2010, S. 306)*

---

## 5 Physikdidaktik

Um im naturwissenschaftlichen Unterricht Teilhabemöglichkeiten für alle Lernenden zu erhöhen, müssen Fachdidaktiken, wie die der Physik, mehrdimensional „Benachteiligungspraktiken oder Behinderungsdynamiken“ (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.) sowie individuelle Voraussetzungen und Ressourcen identifizieren und deren Wechselwirkungen beachten. Darauf basierend, können auch für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung Interventionen theoretisch, d.h. fachdidaktisch und sonderpädagogisch fundiert, entwickelt, im Unterricht eingesetzt und überprüft werden (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 51).

Bevor die fachdidaktischen Ansprüche mit denen des Bildungsgangs Geistige Entwicklung in Beziehung gesetzt werden, wird in diesem Kapitel auf die naturwissenschaftliche Grundbildung und somit auf Teilhabe am Physikunterricht sowie dessen spezifische Denk- und Arbeitsweisen genauer eingegangen. Es wird dargelegt, dass im Bildungsgang Geistige Entwicklung der Forschungsstand in Bezug auf den Physikunterricht bislang unzureichend und die Verankerung physikalischer Bildung marginal sind. Daher werden im Anschluss Scientific Literacy hauptsächlich aus der Perspektive der Naturwissenschaften und der Physikdidaktik sowie die Bildungsstandards im Physikunterricht beschrieben. Außerdem wird das Experiment als wesentliche naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweise definiert. Daran anknüpfend, werden experimentelle Kompetenz, der Ansatz des Forschenden Lernens und spezifische Unterrichtsprinzipien der Physikdidaktik dargestellt.

Basierend darauf, werden zum Ende des Kapitels Gestaltungsprinzipien aus der Perspektive der Physikdidaktik entwickelt, um darzustellen, wie Teilhabe am experimentellen Physikunterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung optimiert werden kann.

## 5.1 Teilhabe an und durch Naturwissenschaften und deren spezifische Arbeits- und Denkweisen

Köhnlein hat bereits 1982 herausgearbeitet, dass die Naturwissenschaften – und somit auch die Physik – eine zentrale Bedeutung in unserer Kultur haben. Sie erfüllen u.a. eine gesellschaftsrelevante Funktion, denn „Naturwissenschaften und Technologien dürfen nicht von der Menschheit wegführen, sondern sollen zum Wohle und mit dem Ziel der gerechten Anteilnahme ALLER [Hervorh. d. Verf.] Menschen an ihren möglichen Segnungen betrieben werden“ (Nachtigall, 1993, S. 5). Deshalb haben Schulen die Aufgabe, Lernende in diese Kultur einzuführen (Köhnlein, 1982, S. 6).

Dies wird ebenfalls von Wiesner et al. (2013) postuliert, indem sie das Denkgebäude der Physik als Teil unserer kulturellen Tradition bezeichnen. Daraus folgern sie „[d]ie Förderung einer grundsätzlichen Aufgeschlossenheit gegenüber den Naturwissenschaften sowie die Bereitschaft zur inhaltlichen Auseinandersetzung“ (S. 99), die Kernbestand einer modernen Form von Allgemeinbildung sein sollen (Wiesner et al., 2013, S. 99). Auch Mikelskis (2006) sieht eine Begründung „eine[r] plausible[n] didaktische[n] Legitimation“ (S. 11) für Physikunterricht in mehreren Kontexten. Neben einem Beitrag zur Allgemeinbildung soll Physikunterricht helfen, die technisch geprägte Welt zu verstehen.

Im wohl umfangreichsten und bekanntesten deutschsprachigen Lehrbuch zur Physikdidaktik (Kircher et al., 2015) werden physikalische Theorien grundsätzlich als Kulturgüter bezeichnet (Kircher, 2015a, S. 32) und die wichtige allgemeinbildende Bedeutung der Physik betont. In der heutigen modernen, technisch geprägten Welt ist physikalisches Wissen Grundlage vieler Berufsfelder. Deshalb ist der Physikunterricht „ein grundlegender Bestandteil zeitgemäßer Allgemeinbildung“ (KMK, 2009, S. 1). Sie hilft, die heutige technische Welt zu begreifen und vollwertig an dieser teilzuhaben. Bildung im Fach Physik ist wichtig, weil sie einen Teil menschlicher Kultur darstellt, zum Verständnis der Lebenswelt beiträgt und durch einen reflexiven naturwissenschaftlichen Unterricht gesellschaftliche Teilhabe ermöglicht. Damit verbunden ist die Förderung eines rational fundierten Selbst- und Weltverständnisses, wozu ein verstehender Zugang zu physikalischen Phänomenen der belebten und unbelebten Natur gehört.

Daher erscheint es selbstverständlich, legitim und notwendig, dass Physik keinem Menschen vorenthalten wird und alle Lernenden mit Wissen und Fähigkeiten ausgestattet werden, damit sie als Erwachsene in einer von Wissenschaften geprägten Welt zurechtkommen (Kircher, 2015a, S. 51) sowie kompetent an Entscheidungen teilhaben können, die die naturwissenschaftlichen Probleme der Gesellschaft betreffen (Kircher, 2015a, S. 50).

## 5.2 Scientific Literacy

Diese Einsicht spiegelt sich in der internationalen Diskussion über *Scientific Literacy* wider. Adesokan (2015) arbeitet heraus, dass der Begriff erstmals von Cohen und Watson (1952) verwendet und durch verschiedene Definitionen sowie Modelle u.a. von Shamos (1995), Bybee (1997a), Dubs (2002) sowie der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) (2006) weiterentwickelt wurde (S. 5). In der deutschsprachigen Literatur wird *Scientific Literacy* auch als naturwissenschaftliche Grundbildung bezeichnet. Die KMK (2004) bezeichnet sie als elementare Aufgabe der naturwissenschaftlichen Fächer und als „wesentliche[n] Bestandteil von Allgemeinbildung“, um „dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung [zu ermöglichen]“ (S. 6). Damit nimmt die KMK keinerlei Einschränkung vor. Sie kann deshalb als Teilhabeforderung für alle Menschen an der naturwissenschaftlichen Grundbildung aufgefasst werden. Auch Bybee (1997b) betont, dass „*Scientific Literacy for all learners*“ (S. 69) das Hauptziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts darstellt.

In der PISA-Studie 2000 ist „*literacy [...] regarded as knowledge and skills for adult life*“ (OECD, 2000, S. 7) und soll Lernende zu gleichberechtigter Teilhabe in der Gesellschaft befähigen (Gräber et al., 2002, S. 135 ff.; Treagust & Tsui 2014, S. 303). In diesem Sinne werden unter *Scientific Literacy* Kompetenzen als Schlüsselfertigkeiten verstanden, die in der Lebens- und Arbeitswelt relevant sind.

*„Mit der Metapher ‚Literacy‘ (im Deutschen Literalität) verbindet sich dahinter die Idee, naturwissenschaftlichem Wissen den Status einer Kulturtechnik zu verleihen, wie z.B. Lesen, Schreiben und Rechnen, die die Teilhabe an einer modernen technologisierten Gesellschaft ermöglichen soll und insofern kulturelle Teilhabe fördert“* (Gebhard et al., 2017, S. 40).

Das OECD-Projekt PISA-2012 definiert *Scientific Literacy* als „die Fähigkeit einer Person,

- naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, um Fragestellungen zu erkennen, sich neues Wissen anzueignen, naturwissenschaftliche Phänomene zu beschreiben und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen,
- die charakteristischen Eigenschaften der Naturwissenschaften als eine Form menschlichen Wissens und Forschens zu verstehen,
- zu erkennen und sich darüber bewusst zu sein, wie Naturwissenschaften und Technik unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umwelt formen,

- sowie die Bereitschaft, sich mit naturwissenschaftlichen Ideen und Themen zu beschäftigen und sich reflektierend mit ihnen auseinanderzusetzen“ (Prenzel et al., 2013, S. 192).

Bei Scientific Literacy handelt es sich somit „um ein unterrichtliches Rahmenkonzept, das auf die Teilhabe aller Menschen an einer naturwissenschaftlich geprägten Gesellschaft abzielt, in der naturwissenschaftliches Wissen angewendet wird, naturwissenschaftliche Fragestellungen erkannt und Schlussfolgerungen zur Entscheidungsfindung getroffen werden“ (Adesokan, 2015, S. V). Bybee (1997a) hat zur Scientific Literacy ein hierarchisches Kompetenzstufenmodell entwickelt (s. Abb. 13). Es hat z.B. als Referenz bei der Entwicklung von Aufgaben und Unterrichtsmaterialien zu den Basiskonzepten und Bildungsstandards sowie bei der Beurteilung von Leistungen und der Evaluation eine besondere Bedeutung.

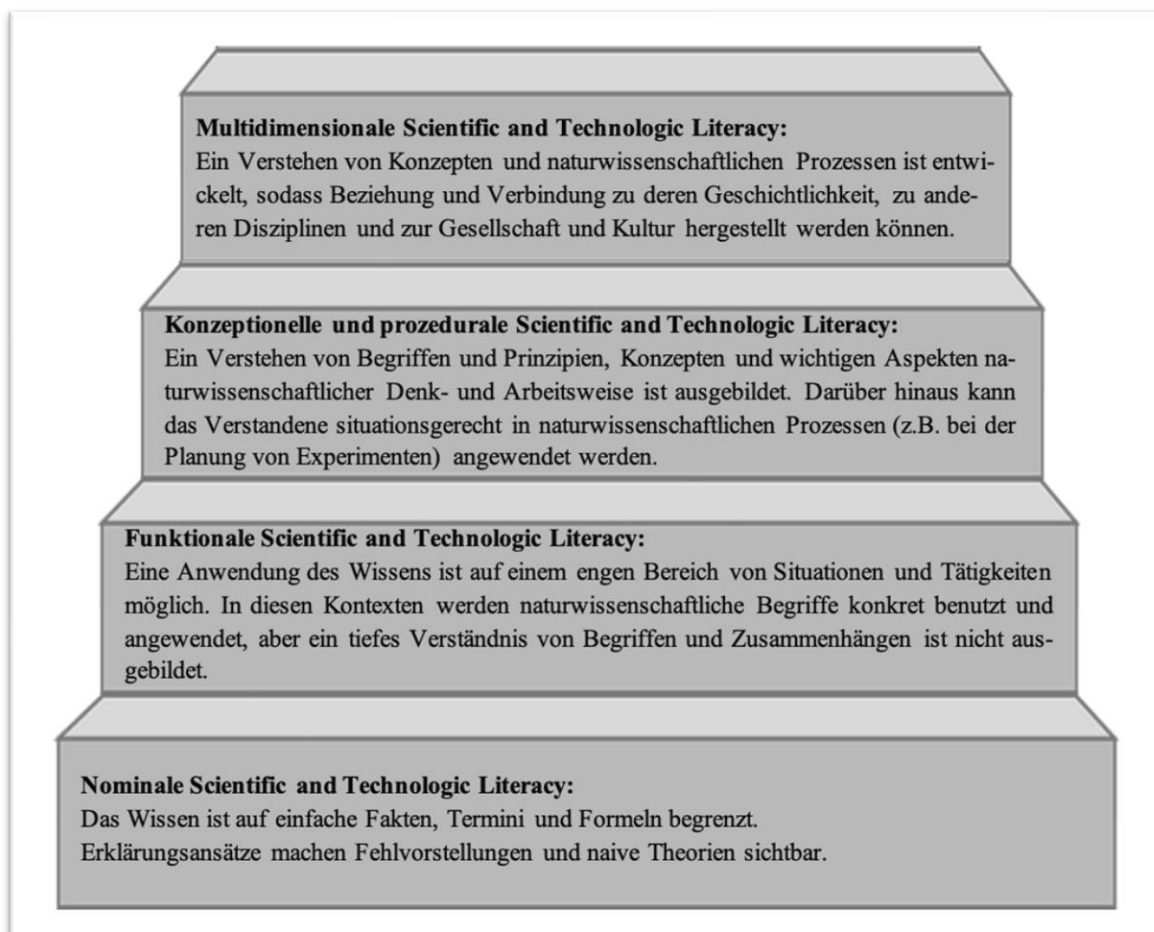


Abb. 13: Kompetenzstufenmodell zur Scientific Literacy in Anlehnung an Spörhase-Eichmann, 2015, S. 47 f. – eigene Darstellung

Kompetenzstufenmodelle müssen jedoch im Hinblick auf gleichberechtigte Teilhabe kritisch gesehen werden, „da eine instrumentelle und wenig individuelle Orientierung auf Lernziele damit verbunden sein kann, die einen Ausschluss spezifischer Schülergruppen forciert“ (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.). Insbesondere die output-orientierte Komponente, die standardisierte Ansprüche impliziert, ist mit der Idee einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für alle schwer vereinbar. Dafür braucht es Kompetenzstufenmodelle, die neben den inhaltlichen Kompetenzen auch andere umfassen, die diese ausgestalten und kognitive sowie affektive Dispositionen umfassen bzw. kontextspezifische Situationen beschreiben, in denen die Kompetenzen angewendet werden sollen. Diese Komponenten bieten Möglichkeiten, Teilhabe für alle Lernenden zu realisieren. Daher sollten nach Nehring und Bohlmann (2016) Lernende die Gelegenheit haben, naturwissenschaftliche Inhalte auf unterschiedlichen Niveaus zu bearbeiten. Wichtig ist, dass die Handlungen jeweils ähnlich sind, wie z.B. Experimentieren, da diese eine Klammer bilden und so gleichberechtigte Teilhabe möglich wird (S. 156). Hinzu kommt, dass alle Lernenden davon profitieren, wenn die integrierten affektiven Kompetenzen der Kompetenzstufenmodelle als gleichwertig betrachtet werden. Durch diese Überlegungen wird das Potenzial von Kompetenzstufenmodellen zur Umsetzung von gleichberechtigter Teilhabe an naturwissenschaftlicher Grundbildung für alle Lernenden deutlich (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.).

Scientific Literacy ist auch bedeutend für die Ausrichtung und Qualität des Unterrichts. Die damit formulierten Kompetenzen werden als Ergebnis des realisierten Unterrichts charakterisiert, d.h. als Input- und Output-Orientierung von Bildungsabsichten.

Durch die nationalen Bildungsstandards und deren regelmäßige bundesweite Überprüfung wird versucht, einen engeren Zusammenhang als bisher zwischen Input und Output herzustellen und dadurch das deutsche Bildungssystem weiterzuentwickeln. Zur Überprüfung der Bildungsstandards wurde Ende 2004 von der KMK das bundesweit tätige „Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen“ (IQB) an der Humboldt Universität zu Berlin gegründet (Kircher, 2015b, S. 94).

Die Bildungsstandards, Kompetenzbereiche und einzelne Kompetenzen im Unterrichtsfach Physik werden im Folgenden vorgestellt.

### 5.3 Bildungsstandards im Physikunterricht

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse internationaler und nationaler Schulleistungsvergleichsstudien (z.B. TIMSS, PISA, IGLU/E) hat die Bildung in den Naturwissenschaften neuen Antriebs erhalten (Bell, 2007, S. 71). Das mittelmäßige Abschneiden deutscher Lernender führte zu einer Förderung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Duit, 2003, S. 7). Lernende sollen sich nicht mehr nur fachliches Wissen aneignen, sondern Sachverhalte erarbeiten und methodische Fähigkeiten erwerben. Sie sollen lernen, Konzepte und Methoden auf realistische Problemstellungen anzuwenden und die Naturwissenschaften als Erkenntnisprozess begreifen. Diese Handlungskompetenzen, die die Lernenden mit einem Abschluss erwerben sollen, wurden als einheitliche „bundesweit geltende Bildungsstandards“ (KMK, 2005, S. 3) entwickelt, formuliert und eingeführt.

Die Bildungsstandards im Unterrichtsfach Physik wurden auf der Grundlage der sogenannten Klieme-Expertise entwickelt (Klieme et al., 2003, S. 9 ff.). Dabei wurde der Kompetenzbegriff nach Weinert (2001, S. 27) zugrunde gelegt. Die in den Bildungsstandards der KMK (2004) formulierten Kompetenzen beziehen sich schwerpunktmäßig auf die kognitive Dimension des Lernens (Klieme & Leutner, 2006, S. 879). Für die naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie und Physik) wurden in den Bildungsstandards vier Kompetenzbereiche festgelegt. Die formulierten Kompetenzen für das Unterrichtsfach Physik betreffen zum einen die inhaltsbezogene Kompetenz Fachwissen sowie die prozessbezogenen Kompetenzen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung (KMK, 2004, S. 7; s. Tab. 6).

Tab. 6: Kompetenzbereiche im Fach Physik in Anlehnung an KMK, 2004, S. 7

| <b>Kompetenzbereiche für Biologie, Chemie und Physik</b> | <b>Fachspezifische Beschreibung: Kompetenzbereiche im Fach Physik</b>                                       |
|--|---|
| Fachwissen   | Physikalische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen |
| Erkenntnisgewinnung                                      | Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen  |
| Kommunikation  | Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen   |
| Bewertung  | physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten                                 |

Mit der Einführung der Bildungsstandards wurden Basiskonzepte als ein verbindlicher Strukturansatz vorgegeben. Diese sind Kernbestandteil des Kompetenzbereichs Fachwissen der Bildungsstandards für die Sekundarstufe I und II (KMK, 2004, S. 8 f.). Durch die Erschließung der Inhalte mithilfe der Basiskonzepte *Materie*, *Wechselwirkung*, *System* und *Energie* soll eine Verknüpfung physikalischer Wissensstrukturen mit denen anderer Naturwissenschaften (Biologie und Chemie) erfolgen. Es soll also eine vertikale Vernetzung ermöglicht sowie verschiedenartige Phänomene der Physik miteinander in Beziehung gebracht werden, um kumulatives Lernen zu erleichtern (KMK, 2004, S. 7). Diese Art der Erschließung von Inhalten hilft, den Unterricht auf Erklärungsprinzipien und Gesetzmäßigkeiten zu fokussieren, fördert ein Verstehen und dient dem Aufbau komplexer Wissensstrukturen. Zu kritisieren ist, dass die Basiskonzepte der Sekundarstufe I für den Aufbau einer gut organisierten Wissensstruktur nicht hinreichend differenziert sind.

Aufgrund des Bildungsföderalismus in der BRD unterscheidet sich die curriculare Umsetzung der Bildungsstandards im Fach Physik in den jeweiligen Bildungsgängen der Sekundarstufe I in folgenden Punkten:

- fachliche Konzeption und curriculare Struktur
- Art und Grad der Verbindlichkeit von Anforderungen
- Umfang und Reichweite der Ziele und Inhalte
- Ausprägung schulischer Autonomie und demokratischem Selbstverständnis, historischem und kritischem Bewusstsein, gesellschaftlicher Modernität und kultureller Offenheit.

Da das vorliegende Forschungsprojekt in Nordrhein-Westfalen angesiedelt ist, werden die Kernlehrpläne der Hauptschule NRW für Physik im Folgenden genauer betrachtet.

Die Kernlehrpläne für Naturwissenschaften in NRW betonen neben pädagogischen und fachlichen Zielen der naturwissenschaftlichen Bildung auch Ziele der gesellschaftlichen Erziehung. Ein zentrales Bildungsziel der Kernlehrpläne für Naturwissenschaften beinhaltet „Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Geschichte der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Erkenntnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen“ (KMK, 2004, S. 6). Eine derartige naturwissenschaftliche Grundbildung ist bedeutend „für ein zeitgemäßes und aufgeklärtes Weltbild“ (Ministerium für Schule und Weiterbildung [MSB], 2011, S. 9) und Voraussetzung für die Teilhabe aller, um Chancen und Risiken des technischen Fortschritts zu erkennen, zu

bewerten und politische Entscheidungen zu treffen. Gleichzeitig entsprechen die Kernlehrpläne allgemeinen physikdidaktischen Konzepten, die ebenfalls die Achtung vor der Natur als bedeutendes Ziel formulieren, also einen verantwortungsvollen Umgang mit Chancen und Risiken naturwissenschaftlichen Fortschritts.

## **5.4 Experimente – eine naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweise**

Damit Lernende naturwissenschaftliche Erkenntnisse „für ihre Lebensgestaltung nutzbar machen“ (Arnold et al., 2014, S. 83) und dadurch die Möglichkeit haben, an der Gesellschaft teilzuhaben, müssen naturwissenschaftliche Erkenntniswege im Unterricht nicht nur theoretisch behandelt, sondern auch praktisch durchgeführt und nachvollzogen werden. Wiesner et al. (2013) sprechen von „Physik betreiben“ (S. 16) und sehen Potenzial, dass sich daraus eine intrinsische Motivation bei den Lernenden entwickelt.

Zu den naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen im Physikunterricht zählen u.a. das

- „Beobachten und Beschreiben eines Phänomens,
- Erkennen einer Problemstellung, [...],
- Systematisieren,
- Modellieren von Realität,
- Aufstellen von Hypothesen,
- Experimentieren,
- Auswerten,
- Beurteilen,
- kritisches Reflektieren von Hypothesen, [...],
- Beschreiben von Zusammenhängen,
- Verallgemeinern,
- Abstrahieren,
- Begriffe bilden, [...] und
- Aufstellen einfacher Theorien“ (KMK, 2004, S. 10).

Diese naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen „sind einerseits eine notwendige Voraussetzung für das fortschreitende Lernen innerhalb eines Faches (kumulatives Lernen, vertikale Vernetzung). Sie sind andererseits übertragbar auf neue Problemstellungen innerhalb und außerhalb des Unterrichts, sofern sie als Prinzipien und Strategien verinnerlicht werden“ (Pren-Parchmann & Prenzel, 2003, S. 16). Aufgrund der verschiedenen Charakteristika können sie



spezifisch zur Untersuchung von Fragestellungen eingesetzt werden. Jede Methode folgt, trotz aller Unterschiedlichkeit, der hypothetisch-deduktiven Erkenntnislogik (Mayer, 2013, S. 56).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit können nicht alle Aspekte naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen detailliert vorgestellt werden. Der Fokus liegt auf Aspekten, die im Physikunterricht zentral sind. Dazu zählt das Experiment, da es „als Methode der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften im Sinne eines wissenschaftspropädeutischen Ansatzes im Unterricht genutzt [wird], mit dem manuelle Fertigkeiten und experimentelle Kompetenzen gefördert werden können“ (Emden et al., 2010, S. 281). So wird das Experimentieren als wesentlicher Bestandteil physikalischen Arbeitens im Hinblick auf das Formulieren von Hypothesen, hypothesengeleitetes Beobachten sowie durch Auswerten und Erklären der Experimente mithilfe geeigneter Modelle als Instrument der Erkenntnisgewinnung in den Vordergrund gerückt (Duit, 2003, S. 5; Stäudel, 2003, S. 4 f.). Auch in fachdidaktischen Kompetenzmodellen (z.B. Schecker & Parchmann, 2006, S. ;46 f. Neumann et al., 2007, S. 110 f.) wird experimentelle Kompetenz ausdrücklich als ein wesentlicher Aspekt naturwissenschaftlicher Kompetenz angegeben (Schreiber et al., 2009, S. 92). Innerhalb der Bildungsstandards wird das Experimentieren als grundlegendes wissenschaftsmethodisches Verfahren besonders hervorgehoben. Laut KMK (2004) ist das Experimentieren ein wesentlicher Bestandteil des physikalischen Arbeitens (S. 10). Daher ist es nicht verwunderlich, dass Experimente „in einer prototypischen Stunde meist enthalten“ sind (Schröder et al., 2020, S. 109) und bis zu 70% der Lernzeit einnehmen (Tesch & Duit, 2004 zit. n. Schröder et al., 2020, S. 110).

Deshalb wurde das Experiment als zentrales Instrument naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung für die Intervention gewählt, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wird.

Im Folgenden wird das Experiment im Physikunterricht in Abgrenzung zu Experimenten in der Wissenschaft definiert und in Bezug auf Formen und Funktionen klassifiziert. Anschließend werden der Weg der Erkenntnisgewinnung beim Experimentieren sowie Kompetenzen beschrieben, die dafür benötigt werden bzw. dabei erworben werden können. Abschließend wird das Konzept des Forschenden Lernens vorgestellt, in das Experimentieren im Physikunterricht eingebettet werden kann.

### 5.4.1 Experimente in Wissenschaft und Schule

Das Experiment ist in der naturwissenschaftlichen Forschung ebenso wie im naturwissenschaftlichen Unterricht eine fundamentale Untersuchungsmethode. Die mit ihm verbundenen Zielstellungen im Erkenntnisgewinn sind jedoch grundlegend verschieden.

Die empirische Wissenschaft versteht unter einem Experiment ein reales System, in dem „bewusst gesetzte und ausgewählte natürliche Bedingungen verändert, kontrolliert und wiederholt beobachtet“ (Kircher, 2015f, S. 839) werden. Dabei wird ein ausgewählter Ausschnitt der Natur gezielt manipuliert, um aus der Reaktion der Natur Daten zu gewinnen. Diese werden vor dem Hintergrund angenommener Modelle und Theorien interpretiert, um Hypothesen zu gewinnen, zu verifizieren oder zu falsifizieren. Das Experimentieren wird bei diesem Zugang als spezifische Form der hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgewinnungsmethode verstanden, deren Ziel die Gewinnung oder Bestätigung von Hypothesen über kausale Zusammenhänge ist (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018, S. 121). Simplifiziert sieht die Vorgehensweise dabei folgendermaßen aus: Aus Hypothesen werden Einzelfälle abgeleitet und durch Experimente überprüft. Weiterhin erfolgt ein Vergleich mit anderen, durch die Hypothese erfassten und experimentell untersuchten Fällen. Hierbei spielt die Reproduzierbarkeit der Experimente eine entscheidende Rolle. Die Hypothese gilt als bestätigt und erhält ggf. den Rang einer Theorie, wenn die Ergebnisse aller Experimente die Hypothese stützen oder kein einziges Experiment die Hypothese zu Fall bringen kann (Killermamm et al., 2008, S. 146 f.).

Während der Forschung die Aufdeckung neuer Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge vorbehalten bleibt, geht es im Unterricht um das Nachvollziehen, Nachentdecken und Illustrieren bereits bekannter Erkenntnisse. Experimente sollen den Lernenden Phänomene zeigen und fachliche Fragestellungen in den Betrachtungshorizont rücken. Die Lernenden erleben einen direkten Objektbezug und können durch Anschaulichkeit wissenschaftliche Erkenntnisse gewinnen. Somit verdeutlicht der Physikunterricht, wie Erkenntnisse gewonnen werden und wie das Experiment als Bindeglied Theorie und Realität miteinander verknüpft. Zudem erfüllen Experimente das pädagogische Moment der Motivation, „weil Experimente den Physikunterricht erlebnisreicher und zufrieden stellend machen können“ (Kircher, 2015f, S. 839). Des Weiteren ist das Experimentieren im Unterricht für die Lernenden subjektiv gesehen ein „Forschungsprozess“, bei dem „die Unsicherheit, Ungewissheit und Unklarheit der Sachlage [...] zu einer intrinsischen, sachbezogenen Motivation im Sinne Berlynes [führt], die nach Klärung und Gewissheit verlangt“ (Graf, 2004, S. 126). Durch das praktische Arbeiten können auf den unterschiedlichen Leistungsniveaus alle Lernenden motiviert werden (von Öhsen & Schecker, 2015, S. 586). Zudem eröffnen Experimente im Unterricht vielfältige Möglichkeiten, Barrieren

abzubauen und Handlungsprozesse im Sinne von Teilhabe für alle Lernenden anzuleiten (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.).

Der Ablauf von der Hypothesenbildung bis zur Erkenntnisformulierung ist in der Schule im Gegensatz zur Forschung meist verkürzt. Dafür stehen Kriterien wie Durchschaubarkeit, Klarheit, Ergebnisse, angemessener Zeitbedarf, geringer Aufwand usw. im Vordergrund (Berger, 2007, S. 29). Deshalb gibt es Bemühungen, das Experiment in der naturwissenschaftlichen Forschung vom Versuch in der Schule begrifflich zu unterscheiden (Engeln, 2006, S. 168). In der Literatur werden Funktionen oder Verwendungskontexte durch eine unterschiedliche Bezeichnung als *Experiment* und *Versuch* nicht eindeutig verwendet. So werden im Folgenden beide Begriffe in Anpassung an den internationalen Sprachgebrauch synonym benutzt (Girwidz, 2015a, S. 228).

#### **5.4.2 Klassifikationen physikalischer Experimente im Unterricht**

In der Schulpraxis werden „unterschiedliche methodische Möglichkeiten und/oder Anforderungsprofile [mit Experimenten] verknüpft“ (Girwidz, 2015a, S. 233). Deshalb ist es hilfreich, die verschiedenen Formen sowie die Funktion(en), die ein Experiment im Lernprozess erfüllen kann bzw. soll, zu klassifizieren und zu unterscheiden. Ein quantitativer Versuch kann beispielsweise ein Lehrer- oder Schülerexperiment genau wie ein Einstiegs-, Wiederholungs-, Überprüfungs- oder Bestimmungsversuch sein. Daher ist es obligatorisch, ein Experiment in Bezug auf mehrere Aspekte (z.B. didaktische Funktion, Ausführungsform usw.) zu klassifizieren (s. Abb. 14).

Seit den *Meraner Beschlüssen* der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte von 1905 ist der herausragende didaktische Stellenwert des (Schüler-)Experiments unbestritten (Kircher, 2015c, S. 134). Die didaktischen Aspekte eines Experiments beinhalten eine Vielzahl von Funktionen, die ein Experiment im Lernprozess erfüllen kann. Girwidz (2015a) hat 14 verschiedene didaktische und methodische Funktionen eines Experiments herausgearbeitet (S. 229 ff.).

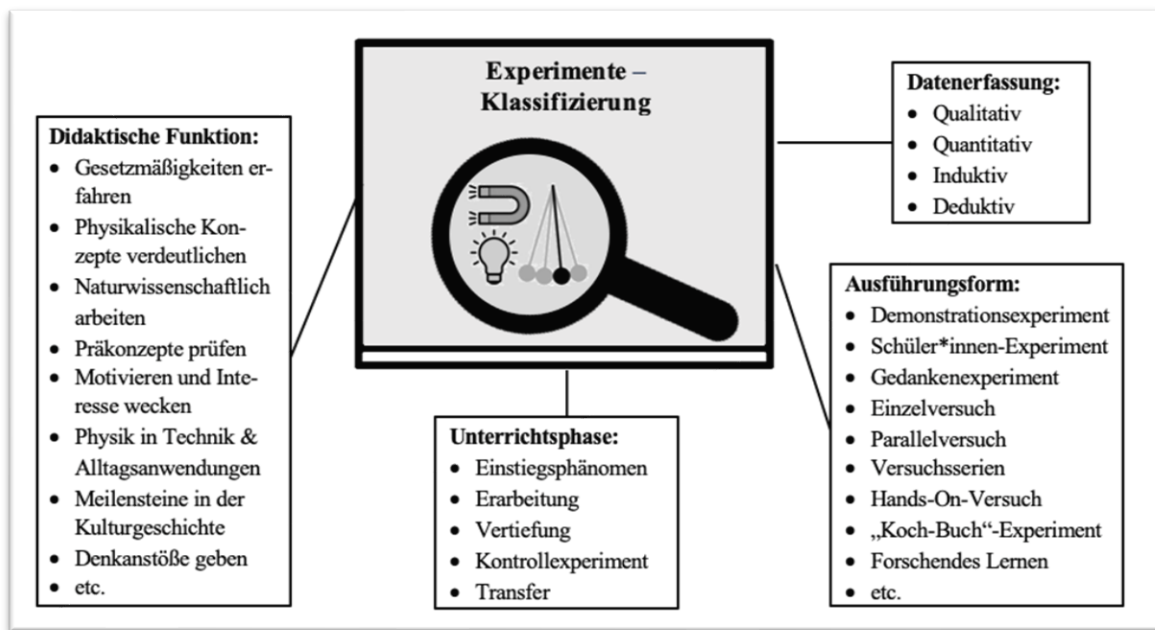


Abb. 14: Klassifizierung von Experimenten – entnommen aus Küpper & Weck, 2021, S. 11

So kann ein Experiment aus didaktischer Sicht ein Medium sein, das Phänomene überzeugend und eindrucksvoll darbietet, physikalische Gesetzmäßigkeiten erfahrbar macht, Kenntnisse über naturwissenschaftliches Arbeiten vermittelt sowie Motivation und Interesse für Physik wecken und aufrechterhalten kann. Das Experimentieren unterstützt Lernende insbesondere auf der impliziten Lernebene, d.h. durch nichtintentionale, unbewusste, nicht reflektierte und nicht kommunizierte Lernstrategien (Winkel, 2006, S. 209 ff.). Beim impliziten Lernen wird der Lernvorgang als solcher nicht identifiziert, da den Lernenden das Lernen nicht bewusst ist (Winkel, 2006, S. 212). Ist implizites Wissen durch häufiges Wiederholen einmal erworben, bleibt es über einen langen Zeitraum erhalten und wird nur schwer wieder verlernt. Die Lernenden können das Gelernte erfolgreich anwenden, meist jedoch ohne es verbal beschreiben zu können. Das implizierte Lernen hat im Bildungsgang Geistige Entwicklung eine besondere Bedeutung, weil es vom Alter oder der kognitiven Leistungsfähigkeit weniger abhängig ist (Winkel, 2006, S. 211). Daher sollten Schülerexperimente bevorzugt im Unterricht eingesetzt werden, sofern nicht Material-, Raum-, Zeit- und Sicherheitsgründe dagegensprechen (Graf, 2004, S. 127 f.).

### 5.4.3 Weg der Erkenntnisgewinnung beim Experiment

Der Weg der experimentellen Erkenntnisgewinnung geht von der Betrachtung realer Phänomene, Situationen oder Probleme aus, die zu einer Fragestellung führen. Durch theoretische Überlegungen und unter Einbezug bereits vorhandenen Wissens werden im nächsten Schritt

Hypothesen zur Klärung des Problems bzw. Phänomens aufgestellt. Hypothesen sind nicht nur Fragen, sondern auch begründete Vermutungen über Ursache-Wirkungs-Beziehungen. In einem Versuchsplan werden Möglichkeiten zur Überprüfung der generierten Hypothesen überlegt und geplant. Im Weiteren werden die in den Hypothesen formulierten Aussagen bei der Durchführung eines Experiments unter kontrollierten und systematisch variierenden Bedingungen überprüft (s. Abb. 15). „Ziel eines Experiments ist die Gewinnung transsubjektiver (beobachtungsunabhängiger), universell geltender und reproduzierbarer Aussagen über Hypothesen“ (Hammann, 2018, S. 115).

Wenn die bei der Durchführung ermittelten Daten mit den Hypothesen übereinstimmen, können diese als verifiziert gelten. Dadurch kann die Fragestellung beantwortet und das Problem bzw. Phänomen besser erklärt und verstanden werden. Im Anschluss können sich durchaus weiterführende Fragestellungen mit anderen Hypothesen ergeben, die zu neuen Versuchsplänen usw. führen. Sind die Vorhersagen und die gewonnenen Daten widersprüchlich, muss die Hypothese entweder angepasst oder sogar verworfen werden. Teilweise müssen der Versuchsplan oder die Durchführung überarbeitet und nochmals ausgeführt werden (s. Abb. 15).

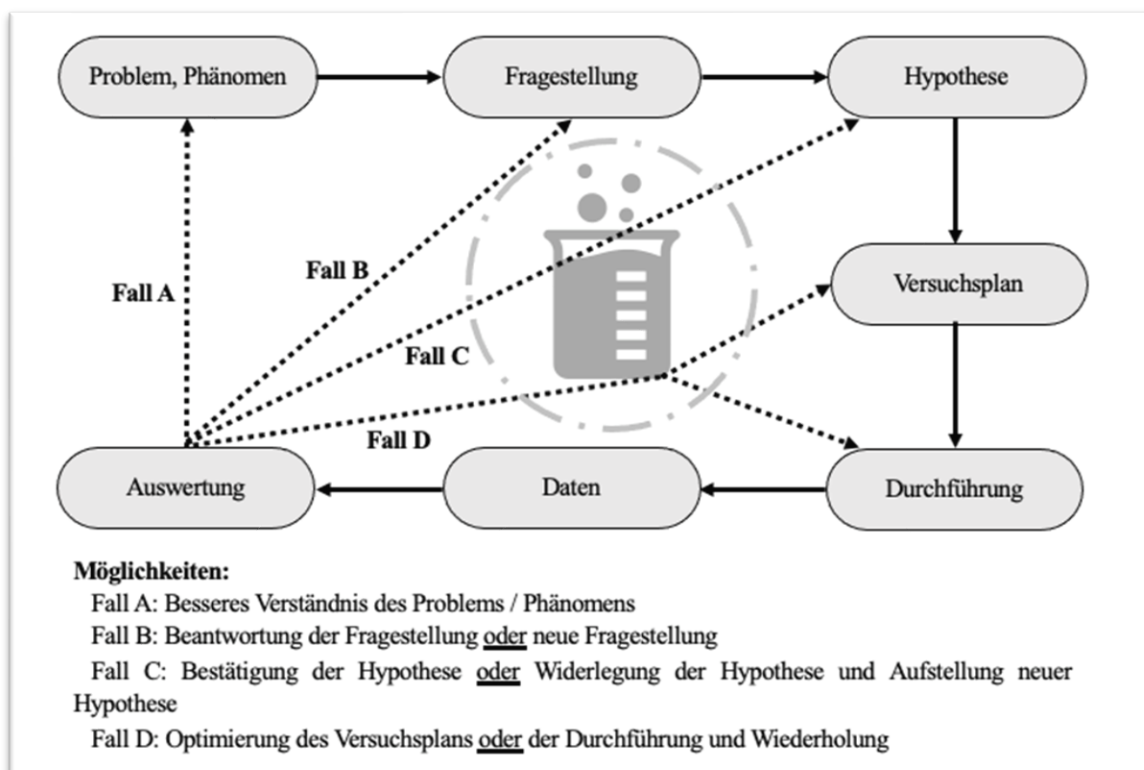


Abb. 15: hypothetisch-deduktiver Weg der experimentellen Erkenntnisgewinnung in Anlehnung an Trendel & Lübeck, 2018, S. 119 – eigene Darstellung

Der hier dargestellte Weg der hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgewinnung ist in der Praxis häufig nicht derart klar strukturiert. Stattdessen handelt es sich i.d.R. eher um einen iterativen Prozess, bei dem einige Schritte wiederholt und optimiert werden müssen, bis das Experiment aussagefähige Daten liefert (Trendel & Lübeck, 2018, S. 119 f.).

In Kernlehrplänen werden diese Schritte durch die Angabe notwendiger Prozesse weiter ausdifferenziert. In neueren Kernlehrplänen von Nordrhein-Westfalen (MSB NRW, 2011) werden im Bereich Erkenntnisgewinnung folgende Handlungsschritte genannt, die sich dem Experimentieren zuordnen lassen:

E1 – Fragestellungen erkennen

E2 – Bewusst wahrnehmen

E3 – Hypothesen entwickeln

E4 – Untersuchungen und Experimente planen

E5 – Untersuchungen und Experimente durchführen

E6 – Untersuchungen und Experimente auswerten (Trendel & Lübeck, 2018, S. 19).

Damit entsprechen diese Kompetenzfacetten im Wesentlichen den experimentellen Handlungsschritten des hypothetisch-deduktiven Wegs der Erkenntnisgewinnung (s. Abb. 16).

#### **5.4.4 Experimentelle Kompetenz**

Experimentieren ist eine anspruchsvolle fachadäquate Arbeitstechnik, da Lernende beurteilen, schlussfolgern, verallgemeinern, beobachten, vergleichen, beschreiben, protokollieren etc. müssen, insbesondere, wenn es sich um Schülerversuche handelt (Killermann et al., 2008, S. 147). Für den Erwerb experimenteller Kompetenz gilt nach wie vor: Das „Experimentieren [erwerben Lernende] nur durch Experimentieren und nicht durch Anweisung“ oder „durch Zuschauen“ (Kerschensteiner, 1959, S. 126). Es muss also explizit unterrichtet und eingeübt werden, was Lernende bzgl. des Experimentierens können und wissen sollen. Allerdings sind zumindest in der Sekundarstufe I noch wenige spezifische Fertig- und Fähigkeiten zum Experimentieren ausgebildet. So muss der Erwerb einer experimentellen Handlungskompetenz ein Anliegen von Physikunterricht sein (Girwidz, 2015a, S. 240). Ziel ist, dass Lernende Kompetenzen im Gebrauch der fachspezifischen Methoden entwickeln (Engeln & Euler, 2005, S. 74). Experimentelle Kompetenz umfasst das Wissen und die Fähigkeit, durch gezielt handelnde Auseinandersetzung mit der Natur Daten zu gewinnen, diese vor dem Hintergrund von Modellen und Theorien zu interpretieren und dadurch Wissen und Erkenntnisse über die Natur abzuleiten. Die Basis dieser Kompetenz ist die hypothetisch-deduktive Erkenntnismethode in den

empirischen Wissenschaften (Wellnitz et al., 2012, S. 264). Folgende Schritte eines Experiments werden als zentral angesehen:

- Fragestellungen und Hypothesen generieren
- Untersuchungen planen und durchführen
- Daten auswerten und interpretieren.

Aus fachdidaktischer Perspektive wird darüber hinaus oftmals

- die Durchführung einer Untersuchung als eigenständige Teilkompetenz konzipiert und differenziert (u.a. Schecker et al. 2016, S. 211).

Den verschiedenen Teilprozessen werden spezifische Prozessfähigkeiten (skills) zugeordnet (s. Abb. 16) (z.B. Hammann et al., 2007; S. 35).

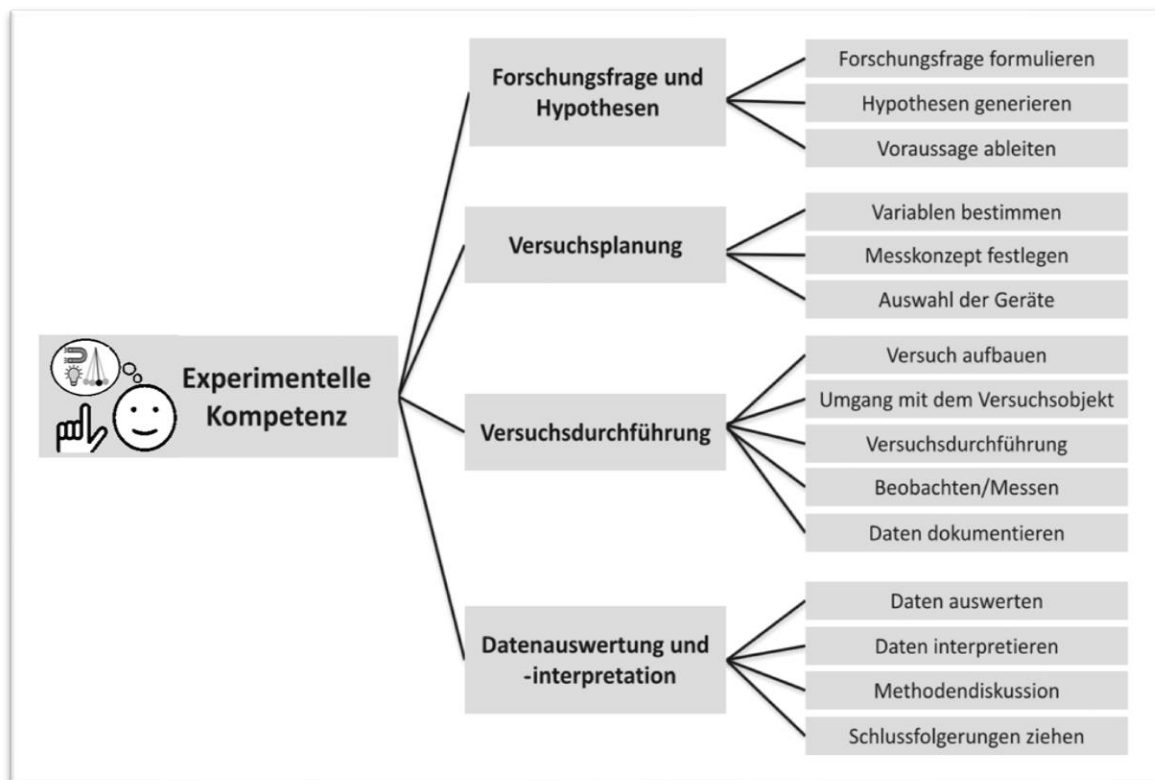


Abb. 16: Teilprozesse experimenteller Kompetenz in Anlehnung an Gut-Glanzmann & Mayer, 2018, S. 128 – eigene Darstellung

Die Bildungsstandards und Kernlehrpläne von NRW, die dem Experiment im Physikunterricht einen hohen Stellenwert einräumen, beschreiben im Bereich Erkenntnisgewinnung Kompetenzen, die sich auf bestimmte Schritte des Experimentierens beziehen. In fachdidaktischen Lehrbüchern finden sich Lehrerhinweise wie Angaben zu Funktionen und zur Organisation von Experimenten sowie zu Zielsetzungen, die damit erreicht werden sollen. Was experimentelle

Kompetenzen sind, wird erstaunlicherweise selbst in aktuellen Standardwerken der Didaktik kaum thematisiert (Trendel & Lübeck, 2018, S. 119). Im wohl umfangreichsten und bekanntesten deutschsprachigen Lehrbuch zur Physikdidaktik (Kircher et al., 2015) ist der wesentliche Abschnitt zum Experimentieren im Kapitel Medien verortet. Er umfasst 13 Seiten und thematisiert zum größten Teil die Unterrichtsgestaltung. Der Absatz „Physikalische Denk- und Arbeitsweisen einüben“ (Girwidz, 2015a, S. 239), der sich am ehesten auf Schülerkompetenzen beziehen lässt, erstreckt sich gerade mal auf eine halbe Seite. Was Lernende bzgl. des Experimentierens wissen und können sollten und wie sie es lernen könnten, wird gar nicht behandelt (Trendel & Lübeck, 2018, S. 119).

Trendel und Lübeck (2018) haben zahlreiche Quellen, von Lehrbüchern bis hin zu fachdidaktischer Literatur, ausgewertet, um die Kompetenzfacetten (E1 bis E6) der naturwissenschaftlichen Kernlehrpläne in NRW stärker zu konkretisieren, als das bisher der Fall war. „Diese Konkretisierung soll zu einem besseren Verständnis der Kompetenzfacetten beitragen und verdeutlichen, welche Fähigkeiten für eine Kompetenz in diesen Bereichen zu berücksichtigen sind“ (S. 122). Die Beschreibungen werden allerdings nicht als endgültig oder abgeschlossen angesehen. Außerdem soll die durchnummerierte Auflistung nicht den Eindruck vermitteln, dass es eine fixe Ablauffolge gibt. Nach Schreiber et al. (2009) können die verschiedenen Phasen des Experimentierens „gegebenenfalls iterativ und auch nicht immer vollständig auftreten“ (S. 94).

Der Erwerb experimenteller Kompetenzen stellt einen langwierigen Lernprozess dar, der unterstützt werden kann und soll, aber von den Lernenden alleine vollzogen werden muss. Er kann durch Kompetenzstufenmodelle in abgrenzbare Teilkompetenzen untergliedert und in unterschiedliche Niveaustufen differenziert werden (Spörhase-Eichmann, 2015, S. 136 f.; Schecker et al., 2016, S. 204 ff.). „Je nach Selbstständigkeit und Leistungsniveau sind deshalb mehr oder weniger ausführliche Anleitungen, fachliche Zusatzinformationen oder Hilfestellungen in folgenden Abschnitten nötig:

- Strukturierung des Arbeitsablaufs,
- Hypothesenbildung (relevante Einflussgrößen einbeziehen, logische Schlussfolgerungen ziehen),
- technische Umsetzung (z.B. Anschluss und Bedienung von Geräten),
- Datenaufnahme (präzise Messung und Dokumentation),
- Aufbereitung und Interpretation der Daten“ (Girwidz, 2015a, S. 241).



Didaktische Ansätze, die zunächst verstärkte Führung und Strukturierung, dann eine allmähliche Rücknahme von Lehreingriffen beinhalten, sind z.B. „cognitive apprenticeship“ (z.B. Reich, 2012, o.S.) oder das *Inquiry Based Learning (IBL)* von Bonnsetter, was im Folgenden vorgestellt wird.

### 5.4.5 Forschendes Lernen

Forschendes Lernen (engl. Inquiry Based Learning) wird seit der Schulreformbewegung Anfang des 20. Jahrhunderts beschrieben. Bei diesem Ansatz werden, im Sinne eines konstruktivistisch geprägten Wegs der Erkenntnisgewinnung, die Phasen Thema, Fragestellung, Hypothesen, Auswahl der Materialien, Durchführung, Beobachtung, Analyse, Schlussfolgerung mit Rückbezug zu den Hypothesen sowie Ergebnispräsentation mit Überlegungen zur Limitation der Erkenntnisse (Abels et al., 2014, S. 39) mehr oder weniger selbstständig und ggf. spiralförmig durchlaufen. Ganz freies Forschen kann Lernende überfordern, da sie diese Kompetenz im Laufe der Schulzeit erst erwerben müssen. Neben den individuellen Kompetenzen müssen das Unterrichtsthema und -ziel beim Forschenden Lernen berücksichtigt werden. Daher gibt es verschiedene Modelle mit unterschiedlichen Levels, die sich u.a. durch ein unterschiedliches Maß an Aktivität bzw. Verantwortung seitens der Lernenden auszeichnen (s. Tab. 7).

Tab. 7: *Stufen des Forschenden Lernens*

| <b>Levels of Inquiry according to Bonnsetter (1998)</b>    | <b>Traditional Hands-on</b> | <b>Structured</b> | <b>Guided</b>   | <b>Student Directed</b> | <b>Student Research</b> |
|--|-----------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Topic</b>   | Teacher                     | Teacher           | Teacher         | Teacher                 | Teacher/Student         |
| <b>Question</b>  | Teacher                     | Teacher           | Teacher         | Teacher/Student         | Student                 |
| <b>Materials</b>   | Teacher                     | Teacher           | Teacher         | Student                 | Student                 |
| <b>Procedures/ Design</b>                                  | Teacher                     | Teacher           | Teacher/Student | Student                 | Student                 |
| <b>Results/ Analysis</b>                                   | Teacher                     | Teacher/Student   | Student         | Student                 | Student                 |
| <b>Conclusion</b>  | Teacher                     | Student           | Student         | Student                 | Student                 |
| <b>Levels of Inquiry according to Abrams et al. (2008)</b> | <b>Verification</b>         | <b>Structured</b> | <b>Guided</b>   | <b>Open</b>             |                         |

Diese Level sind jedoch nicht dasselbe wie Schwierigkeitsniveaus. Wenn z.B. naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden eingeführt werden, eignen sich Level 0 oder 1, bei der Anwendung bereits bekannter Methoden Level 2 oder 3 (Abels, 2016, S. 325).

Forschendes Lernen ist nach Scruggs und Mastropieri (2008) für alle Lernenden von Bedeutung, da mithilfe dieses Ansatzes sowohl die (jeweilige) Umwelt als auch die spezifische Rolle der Menschen bzw. die eigene verständlich werden (S. 2). Die verschiedenen Levels führen das Forschende Lernen sukzessive ein und strukturieren dieses, sodass Lernende mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen nicht überfordert werden (z.B. Abels, 2015a, S. 111; Lee et al., 2006, S. 629 f.).

Der Ansatz des Forschenden Lernens bildet einen Gegenpol zum rein darbietenden Unterricht, da er auf die selbstständige Erarbeitung von Wissen setzt. Die Lehrkräfte übernehmen die Rolle einer Lernbegleitung, was eine entscheidende Gelingensbedingung ist, insbesondere bei Lernenden mit einer Beeinträchtigung (Abels, 2016, S. 325). Damit einher gehen wohlüberlegte Unterstützungen für die Lernenden, sogenannte *Scaffolds*, wie z.B. zustimmen und anerkennen, Ideen sondieren, Arbeitsschritte (vor)strukturieren, mehrteilige Versuche sequenzieren, generelle Hinweise oder spezifische Vorschläge geben oder Leitfragen stellen (van der Valk & de Jong, 2009, S. 832). Dabei wird unterschieden zwischen „soft scaffolds“, d.h. spontaner Unterstützung durch die Lehrkraft, und „hard scaffolds“, wie z.B. materieller Unterstützung (Saye & Brush, 2002, S. 82). Mithilfe der Scaffolds soll Cognitive Load reduziert werden (Arnold et al., 2017, S. 25 f.), um Lernenden das Experimentieren zu erleichtern bzw. erst zu ermöglichen. Dechant et al. (2018) konnten nachweisen, dass Scaffolds i.d.R. auch bewirkten, dass die Lernenden die Handlungen exakter ausgeführt haben (S. 27).

## 5.5 Unterrichtsprinzipien der Physikdidaktik

Neben Scaffolds unterstützen und erleichtern fachspezifische Prinzipien den Lernprozess und Kompetenzerwerb im Physikunterricht. Diese Unterrichtsprinzipien spielen z.B. in Bezug auf eine inhaltliche, methodische und didaktische Strukturierung sowie Fokussierung eine entscheidende Rolle (Nerdel, 2017, S. 53). Die hier aufgelisteten fachtypischen und für die vorliegende Arbeit wichtigsten Unterrichtsprinzipien werden im Folgenden näher dargestellt:

- Prinzip der Elementarisierung
- Prinzip der Strukturierung
- Prinzip der Schrift- und Sprachsensibilität

- Prinzip der Handlungsorientierung
- Prinzip der Darstellungsebenen.

### 5.5.1 Prinzip der Elementarisierung

Nicht nur in der Sonderpädagogik ist die Elementarisierung ein wichtiges Prinzip der Aufbereitung von Bildungsinhalten, sondern auch in der Physikdidaktik. Nach Kircher (2015c) ist die Elementarisierung das „Herzstück“ der Physikdidaktik“ (S. 137) und ein wesentlicher Teil der Unterrichtsvorbereitung. Dabei können die einzelnen Bereiche, die didaktische, inhaltliche, methodische und begriffliche Elementarisierung, nicht immer klar voneinander getrennt werden. Das Unterrichtsprinzip der Elementarisierung „versucht also den Gegenstand so zu verändern, dass die dahinter liegenden Phänomene für die Schülerinnen und Schüler leichter zugänglich werden. Der Kern einer Sache soll ohne Verfälschung des Inhalts herausgearbeitet“ (Scholz, 2015, S. 117), aber nicht trivialisiert werden. Kircher (2015c) empfiehlt, dass z.B. schwierige Begriffe und komplexe Geräte elementarisiert werden, damit sie für Lernende greifbarer werden (S. 109).

Um den diversen Ausgangsbedingungen gerecht zu werden, muss eine breite Palette von Zugangsmöglichkeiten angeboten werden. Je nach Inhalt, Zielen, Unterrichtssituation und Rahmenbedingungen des Unterrichts treten verschiedene Aspekte in den Vordergrund und begründen unterschiedliche Schwerpunkte bei der Elementarisierung (Scholz, 2015, S. 72). Nach Hopf et al. (2011) sind dies im Physikunterricht Begriffe, Inhalte, Vorstellungen, Theorien, Modelle, Prinzipien, Zusammenhänge, aber auch Methoden sowie Denk- und Arbeitsweisen (S. 67). Ausgehend vom Bildungsinhalt hat Kircher (2015c) folgende grundsätzliche Verfahren der Elementarisierung herausgearbeitet:

- Beschränken auf das Phänomen
- Beschränken auf das Prinzip
- Beschränken auf das Qualitative
- Experimentell veranschaulichen
- Bildhaft veranschaulichen
- Zerlegen in mehrere methodische Schritte
- Einbeziehen historischer Entwicklungsstufen (S. 114 f.).

Das Prinzip der Elementarisierung ist ein Unterrichtsbaustein von vielen, der zusammen mit weiteren Prinzipien kombiniert werden muss (Kircher, 2015e, S. 303).

### 5.5.2 Prinzip der Strukturierung

Ein weiteres zentrales Prinzip für den Physikunterricht ist ein sachlogischer und strukturierter Aufbau von Themen und Inhalten, um einen kumulativen Wissensaufbau durch explizite vertikale und horizontale Vernetzungen zu unterstützen (Hauerstein & van Vorst, 2018, S. 157; Kauertz, 2015, S. 110). Dies lässt sich beim Experimentieren u.a. durch explizite Regeln, Routine und präzise, in Teilschritte strukturierte sowie verständliche und ggf. differenzierende Arbeitsanweisungen und -anleitungen erzielen (Pawlak & Groß, 2020 S. 219). Kircher betont (2015d), dass periodisch stattfindende Wiederholungen im Physikunterricht dazu führen, Neugelerntes zu behalten, in eine Beziehung zum bisher Gelernten zu bringen, auf neue Situationen zu transferieren und technisch anzuwenden (S. 176).

Um den individuellen Ressourcen der Lernenden zu begegnen und eine Stigmatisierung zu verhindern, muss der Unterricht sich an alle richten und adaptierbar sein sowie verschiedene Interessen, Fähigkeiten, Fachkenntnisse und unterschiedliche Aneignungsebenen berücksichtigen (Stinken-Rösner et al.; 2020, S. 36).

Dies lässt sich durch exemplarisches und Entdeckendes bzw. Forschendes Lernen (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.; Abels, 2016, S. 326) sowie dem Universal Design for Learning (UDL) realisieren (s. 6).

### 5.5.3 Prinzip der Schrift- und Sprachsensibilität

Eine häufige Barriere in Bezug auf Teilhabe am Bildungsinhalt des Physikunterrichts und am eigenständigen Experimentieren lässt sich nach Scholz et al. (2016) auf die oft sehr textlastig gestalteten Experimentieranleitungen, Modellbeschreibungen und fach(wissenschaft)lichen Erläuterungen zurückführen (S. 454). Für Leisen (2005a) lassen sich diese Barrieren u.a. auf den theoretischen physikalischen Hintergrund und die damit korrelierenden Begriffsnetze zurückführen. Sprachdidaktische Ansätze, wie z.B. textersetzende, textvereinfachende oder textunterstützende Schrift bieten Möglichkeiten, die Teilhabe zu optimieren (S. 5). Es eignen sich u.a. wiederkehrende und kontrastreiche Piktogramme und Symbole, die den Lernenden nicht nur die Orientierung, sondern auch den Zugang zu Textprodukten erleichtern können (Sühlig & Erb, 2020, S. 741).

Selbstverständlich können sich Sprach- bzw. Textschwierigkeiten auch aus Wechselwirkungen zwischen Diversitätsdimensionen entwickeln, wie z.B. kognitiven Beeinträchtigungen und Umweltfaktoren. Dies wird in 7 genauer dargestellt.

### 5.5.4 Prinzip der Handlungsorientierung

Das Prinzip der Handlungsorientierung ist nicht nur für den Bildungsgang Geistige Entwicklung relevant, sondern auch für den Physikunterricht insgesamt. Viele Elemente dieses Prinzips sind charakteristisch für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und kommen z.B. beim Experimentieren zum Tragen (Killermann et al., 2008, S. 75). Für Hoffmann und Menthe (2015) ist für einen handlungsorientierten Naturwissenschaftsunterricht das Experimentieren zentral (S. 153). Das Üben naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen, d.h. ein aktiv handelnder Umgang der Lernenden mit dem Unterrichtsgegenstand im Rahmen vom Experimentieren, ist somit Ziel und gleichzeitig Methode, da er deren Selbstständigkeit und Handlungskompetenz fördert (Killermann et al., 2008, S. 133.).

Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass Lernende Physik am besten begreifen, wenn sie diese (intensiv) praktisch anwenden. Dies hat einen positiveren Lerneffekt als Lernen durch Lehrbücher (Dechant et al., 2018, S. 25; Nehring & Walkowiak, 2017, o.S. Scholz et al., 2016, S. 324; Brigham et al., 2011, S. 230). Dadurch entwickelt sich sukzessive ein kohärentes Verständnis von disziplinären sowie interdisziplinären Kernideen und Zusammenhängen auch in Bezug auf den Alltag. Das Prinzip der Handlungsorientierung fördert den Kompetenzaufbau in naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und simultan das Erreichen kognitiver, affektiver und psychomotorischer Lernziele (Pawlak & Groß, 2020, S. 214).

### 5.5.5 Prinzip der Darstellungsebenen

Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird i.d.R. mit direkt wahrnehmbaren, erlebbaren und greifbaren Objekten und Phänomenen experimentiert. Die Erklärung und das Verständnis dieser Phänomene setzen häufig hohes Abstraktionsniveau voraus (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.). Der fachliche physikalische Hintergrund und die zugrunde liegenden Prozesse können nicht direkt beobachtet werden, sodass vielmals die Ebene gewechselt oder mehrere simultan adressiert werden müssen. Dieses Switchen wird für viele Lernende als typisches Hindernis für das konzeptionelle Verständnis angesehen (Stinken-Rösner et al., 2020, S. 35). Um diese Verständnisschwierigkeiten zu mindern, ist es hilfreich, u.a. die Cognitive Load zu reduzieren, indem beispielsweise die angesprochene Gedankenebene explizit angegeben wird. Die Lernenden können in diesem Prozess nachweislich mit konkreten Materialien (Scruggs et al. 2008, S. 5) oder durch die Integration und den Austausch ihrer vielfältigen Deutungsmuster unterstützt werden (Gebauer & Simon, 2012, o.S.).

Abstrakte physikalische Bildungsinhalte ohne Alltags- oder Lebensweltbezug eignen sich z.B. weniger, da insbesondere diese den „Lernenden die Übertragung eines isolierten abstrakten

Inhalts auf den Gesamtkontext abverlangen“ (Scholz et al., 20018, S. 324). Ein Bezug zum Bildungsinhalt kann real, durch Bilder oder Videos unterstützt werden.

Neben diesen allgemeingültigen Prinzipien stellt sich die Frage, ob bei der Planung und Durchführung von Physikunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung spezifische Aspekte in Bezug auf die individuellen Bedürfnisse und Voraussetzungen der Lernenden berücksichtigt werden müssen. Dies wird im Folgenden herausgearbeitet.

## 5.6 Physikunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung

Ein Leitgedanke für den Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung und somit für das Fach Physik ist die Forderung: „Zurechtfinden und angemessenes Erleben der Umwelt, Orientieren und Mitwirken in sozialen Bezügen und Erkennen und Gestalten der Sachumwelt“ (Mühl, 2000, S. 77 f.). Opaschowski (1997, S. 74) betont, dass für Lernende naturwissenschaftliche Kompetenzen für ihre Zukunft entscheidend sind: Zum einen haben sie im Hinblick auf die beruflichen Qualifikationen eine ökonomische Bedeutung, zum anderen sind es Kompetenzen, die sie im Prozess der Identitätsfindung, Persönlichkeitsbildung und Emanzipation unterstützen und somit Voraussetzung für eine gleichberechtigte Teilhabe an den Entscheidungen der Gesellschaft sind (Luder, 2004, S. 17). Dadurch wird unmissverständlich deutlich, dass naturwissenschaftliche Grundbildung auch für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung Relevanz besitzt. Deshalb sollte der Physikunterricht zum Ziel haben, diese Lernenden im Sinne von Scientific Literacy zu befähigen, an der Gesellschaft teilzuhaben.

Dem Bemühen um kommt vor dem Hintergrund der Gefahr eines drohenden „knowledge gap“ eine verstärkte Bedeutung zu. Durch eine sich weitende „knowledge gap“ wird „die Kluft zwischen ‚wissensnahen‘ Gruppen, die über immer mehr Wissen verfügen, und ‚wissensfernen‘ Gruppen, die immer mehr den Anschluss verlieren“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF], 1998, S. 92), sukzessive größer und kann zu einer Instabilität der demokratischen Gesellschaft führen. Hinzu kommt, dass Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung vielfach Zuschreibungen erfahren, die auf Stigmatisierungen und Vorurteilen basieren. Dies kann „in einer sich ständig auch technologisch weiterentwickelnden Gesellschaft zu[r] massiven Gefährdung der Identität von Menschen mit geistiger Behinderung führen“ (Bernasconi, 2007, S. 320).

Daher wird im Folgenden der Forschungsstand von Physikunterricht sowie die curriculare Verankerung des Unterrichtsfaches im Bildungsgang Geistige Entwicklung beleuchtet. Empfehlungen zum Experimentieren werden zusammengetragen.

### **5.6.1 Zum Forschungsstand von Physikunterricht und -didaktik im Bildungsgang Geistige Entwicklung**

Mit Inkrafttreten der UN-BRK, d.h. dem Recht aller Lernenden auf Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, gehen didaktische Herausforderungen einher. So soll u.a. eine fachliche Teilnahme realisiert werden, die „Zugangsmöglichkeiten für alle Lernenden auf unterschiedlichen Ebenen [schafft]“ (Simon & Pech, 2018, o.S.). Die Debatte um Teilhabe und eine damit verbundene Aktualisierung der Unterrichtsziele hat bislang nur unzureichend in der Physik bzw. der Physikdidaktik stattgefunden. Daher gibt es bislang lediglich einzelne Forschungsergebnisse zu Teilhabemöglichkeiten und -förderung aller Lernenden im Physik- sowie im naturwissenschaftlichen Unterricht (Scholz et al., 2016, S. 454). Biewer betont (2017), dass es bislang hauptsächlich Artikel, Studien etc. zu einzelnen Beispielen gibt und dass diesbezüglich die Fächer bzw. Didaktiken noch in den Kinderschuhen stecken (S. 231).

Insbesondere für die Diversitätsdimension ‚(dis)ability‘ ist der Forschungsstand besonders spärlich (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 142). Bislang lag der Schwerpunkt der Sonderpädagogik auf dem Erwerb der Grundfertigkeiten Lesen, Schreiben und Rechnen. Der Fokus der Naturwissenschaften lag bis dato auf den Lernenden, die Karriere in den Naturwissenschaften machen möchten bzw. vermeintlich können. Daher wurde von der Sonderpädagogik und den Naturwissenschaftsdidaktiken die besondere Bedeutung von Physik für Lernende in anderen Bildungsgängen wenig beachtet (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 142; Scruggs et al., 2008, S. 2; Seitz, 2004, S. 222 f.).

Stinken-Rösner et al. (2020) weisen darauf hin, dass ein Dialog zwischen den verschiedenen Disziplinen und eine gemeinsame Forschung selten stattfinden, um sonderpädagogische Charakteristika mit entsprechenden fachspezifischen Merkmalen, z.B. aus der Physik(didaktik), systematisch zu kombinieren (S. 30). Bislang gibt es in diesem Bereich nur wenige Studien und Veröffentlichungen (z.B. Abels, 2015b; Menthe & Hoffmann, 2015; Rott & Marohn, 2015; Scruggs et al., 2010). In den Naturwissenschaften sind die meisten Forschungen in Bezug auf den Bildungsgang Lernen veröffentlicht. Bolte und Behrens (2004) zeigen auf, „dass die Suche nach geeigneten förderpädagogischen und naturwissenschaftlichen Quellen meist erfolglos bleibt, da der Bereich Chemie/Physikunterricht an Sonderschulen zu den besonders vernachlässigten Feldern der Fachdidaktik einerseits und der Sonder- bzw. Förderpädagogik anderer-



seits zu zählen ist“ (S. 317). Auch Musenberg und Pech (2011) stellen fest, dass die Geistigbehindertenpädagogik den Sachunterricht der Grundschule über alle zwölf Schuljahre des Bildungsgangs Geistige Entwicklung streckt, jedoch keine eigene fachdidaktische Perspektive in Bezug auf die Besonderheiten der Lernenden entwickelt (S. 217 f.). Damit fehlen in der Sekundarstufe neben physikalischen Themen praktikable didaktische Vorschläge für Teilhabemöglichkeiten am Physikunterricht.

Ratz (2017) sieht die Gründe dafür historisch gewachsen. Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung wurden lange Zeit das Bildungsrecht abgesprochen bzw. eine Bildungsunfähigkeit attestiert. Danach „war der Begriff der ‚Praktischen Bildbarkeit‘ anerkannt, der in Hessen sogar bis 2014 eine Schulart bezeichnete. Wie der Name bereits suggeriert, entbehrt oder verwehrt der Begriff der ‚Praktischen Bildbarkeit‘ bzw. dieses Bildungsverständnis weitgehend fachliche Bildung“ (S. 175). Daher kann Physikunterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, auch wenn es einige Praxisbeispiele gibt, als „didaktisches Niemandsland“ (Riegert & Musenberg, 2015, S. 23) bezeichnet werden.

Erst seit kurzem wird in der Physikdidaktik sowie in der Sonderpädagogik geforscht, wie die Diversitätsdimensionen im Unterricht berücksichtigt werden müssen, damit alle Lernenden gleichberechtigt daran teilhaben können und gleichzeitig die fachlichen Standards gewahrt werden (Stinken-Rösner et al., 2020, S. 34). Es ist noch unklar, wie dieser normative Anspruch in der Praxis realisiert werden kann und „in welchen Bereichen und wie weit Teilhabe möglich sein soll bzw. kann“ (Simon & Pech, 2018, o.S.). Diesem Desiderat zu begegnen, ist deshalb äußerst relevant, damit auch die UN-BRK didaktisch realisiert werden (Riegert & Musenberg, 2015, S. 24).

Aufgrund all dessen muss kritisch hinterfragt werden, ob es für Begriffe wie *Inklusive Didaktik* bzw. *Inklusive Fachdidaktik* und insbesondere *Inklusive Physikdidaktik* ausreichend Grundlagenforschung und somit hinreichend (evidenzbasiertes) Fachwissen gibt, um diese mit Inhalt zu füllen (Biewer, 2017, S. 231). Daher ist es essenziell, unter dem Aspekt der Teilhabe am Physikunterricht zu barriereärmerem physikalischem Lernen zu forschen und geeignete Konzepte sowie Materialien zu entwickeln und zu evaluieren. Dadurch sollen wichtige Informationen ermittelt werden, z.B. wie Teilhabe für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung optimiert werden kann, da diese Lernenden häufig spezifische Lernvoraussetzungen mitbringen und auf spezielle Barrieren stoßen (Rott & Marohn, 2016, S. 373; Scruggs et al., 2008, S. 3 & S. 8).

Als Orientierung für Lehrkräfte sollten diese Informationen u.a. in Empfehlungen, Hinweisen und/oder gültigen Bildungs- und Lehrplänen münden. Dafür ist es elementar, dass naturwissen-



schaftliche bzw. besser noch physikalische Bildungsinhalte in den Curricula verankert sind. Im Folgenden wird herausgearbeitet, ob und in welchem Maße dies der Fall ist.

### 5.6.2 Vergleich der curricularen Verankerung von Physik im Bildungsgang Geistige Entwicklung

Insbesondere die Alltagsrelevanz physikalischer Gesetzmäßigkeiten und Vorgänge macht die Relevanz von Physik unmissverständlich deutlich und legitimiert, dass Physikunterricht auch im Bildungsgang Geistige Entwicklung unterrichtet wird. Daher fordern Yahya & Hagemann (2008), nicht „den Unterricht in Teilbereichen wie etwa in naturwissenschaftlichen Fächern an Förderschulen zu vernachlässigen“ (S. 4.).

Dies sollte sich in den gültigen Bildungs- und Lehrplänen des Bildungsgangs Geistige Entwicklung der einzelnen Bundesländer in einer Kombination naturwissenschaftlicher Bildungsinhalte und unter Berücksichtigung individueller Besonderheiten der Lernenden niederschlagen. Um Klarheit zu erhalten, wurde recherchiert, wie die Fächer Physik und Sachunterricht bzw. Naturwissenschaften oder Natur/Naturphänomene derzeit in den Curricula des Bildungsgangs Geistige Entwicklung in den einzelnen Bundesländern verankert sind (s. Tab. 8). In Sachsen-Anhalt gilt das Curriculum des Freistaates Bayern (Landesinstitut für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt, o.J., o.S.). Die Hansestadt Bremen und das Bundesland Schleswig-Holstein haben kein eigenes Curriculum für diesen Bildungsgang, sondern für Sonderpädagogische Förderung, in dem es jeweils ein Unterkapitel zu diesem Bildungsgang gibt. In NRW sind seit 2022 neue Richtlinien in Kraft. Zusätzlich gibt es Unterrichtsvorgaben für die Aufgabenfelder Mathematik sowie Sprache und Kommunikation. Für das Aufgabenfeld des naturwissenschaftlichen Unterrichts steht die Veröffentlichung der Unterrichtsvorgaben noch aus. Daher wird zieldifferenten Bildungsgang Geistige Entwicklung an allen Lernorten In den Richtlinien wird das Aufgabenfeld allgemein thematisiert. Es wird nicht auf einzelne Unterrichtsfächer oder fachliche Aspekte und angestrebte Kompetenzen eingegangen (MSB, 2022, S. 25 & S. 39.)

Tab. 8: Vergleich der Curricula für den Bildungsgang Geistige Entwicklung in Bezug auf Physik, Sachunterricht bzw. Naturwissenschaften oder Natur/Naturphänomene – eigene Darstellung

| Bundesland     | Physik | Sachunterricht | Naturwissenschaften | Natur / Naturphänomene |
|----------------|--------|----------------|---------------------|------------------------|
| BW (2022)      |        | ✓              |                     | ✓                      |
| BY (2019)      |        |                |                     | ✓                      |
| BE & BB (2011) |        | ✓              |                     | ✓                      |

|  |     |   |   |   |
|--|-----|---|---|---|
| HB (2002)  |     |   |   | ✓ |
| HH (2017)  |     | ✓ |   | ✓ |
| HE (2013)  |     |   | ✓ |   |
| MV (2023)  |     | ✓ |   | ✓ |
| NI (2019)  | (✓) | ✓ | ✓ | ✓ |
| NRW (2022)   |     |   | ✓ |   |
| RP (2001)  |     |   |   | ✓ |
| SL (2004)  |     |   |   | ✓ |
| SN (2017)  |     | ✓ |   | ✓ |
| ST (s. BY)   |     |   |   | ✓ |
| SH (2002)  |     |   |   | ✓ |
| TH (2022)  |     |   |   | ✓ |
| BW: Baden-Württemberg / BY: Bayern / BE: Berlin / BB: Brandenburg / HB: Bremen / HH: Hamburg / HE: Hessen / MV: Mecklenburg-Vorpommern / NI: Niedersachsen / NRW: Nordrhein-Westfalen / RP: Rheinland-Pfalz / SL: Saarland / SN: Sachsen / ST: Sachsen-Anhalt / SH: Schleswig-Holstein / TH: Thüringen |     |   |   |   |

Aus Tab. 8 geht hervor, dass in keinem zurzeit gültigen Curriculum des Bildungsgangs Geistige Entwicklung Physik als eigenständiges Unterrichtsfach vorgesehen ist. Lediglich in Niedersachsen wird es neben Biologie und Chemie als Bezugsdisziplin für das Fach Naturwissenschaften herangezogen (NI, 2019, S. 85). Auch in Baden-Württemberg orientiert sich die Dimension Natur an fachlichen Aspekten aus der Biologie, Chemie und Physik (BW, 2009, S. 198). Die intendierten Kompetenzen werden jedoch nicht, wie in Niedersachsen, in einzelne Fächer gegliedert. In den anderen Bundesländern ist mit unterschiedlicher Akzentuierung und Differenziertheit zumindest das Fach Sachunterricht und/oder Natur/Naturphänomene bzw. Naturwissenschaften in den jeweiligen Curricula verankert, „die in den meisten Fällen auch allgemeine Aspekte naturwissenschaftlicher Bildung beinhalten“ (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 144). Physikalische Inhalte ließen sich dort problemlos subsumieren und Möglichkeiten einer gleichberechtigten Teilhabe an Physik für alle Lernenden eröffnen. In einigen Curricula sind auch physikalische Inhalte, Phänomene oder Effekte wie z.B. Elektrizität, sowie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, d.h. Experimentieren, explizit vorgesehen (z.B. BY, 2019, S. 200; BE & BB, 2011, S. 57; HH, 2017, S. 27 u. S. 49; HE, 2013 S. 30, SN, S. 9 f.). Ein detaillierter Curriculumsbezug befindet sich im Anhang 1.

Es scheint, dass einige Curricula an den veralteten KMK-Empfehlungen für den Unterricht in der Schule für Geistigbehinderte von 1980 und deren Zielvorstellung festhalten, „die mit einer

Abkehr vom Fachunterricht und der Orientierung am Begriff der »lebenspraktischen Bildung« verbunden [waren]“ (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 145). Diese gehen auf Bach (1968, S. 17) zurück und erweiterten das bis dahin klassische Bildungsverständnis unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung (Ackermann, 1990, S. 72 f.; Stinkes, 1999, o.S.). Damit waren u.a. die Auffassungen verbunden, dass abstrakte Inhalte für Lernende prinzipiell ungeeignet sind und dass naturwissenschaftliche Bildung nicht anschaulich oder handelnd unterrichtet werden kann.

Begründet wurde dies durch Jean Piagets Stufenmodell der geistigen Entwicklung und seine Untersuchungen zur Invarianz (Piaget & Inhelder, 1969), die als kognitive Voraussetzung für naturwissenschaftliche Erkenntnis galt. „Da davon ausgegangen wurde, dass Schülerinnen und Schüler mit geistiger Behinderung in ihrer Entwicklung selten über das prä-operatorische Stadium (vorbegriffliches und intuitiv-anschauliches Denken) hinausgelangten, schienen chemisch-physikalische Phänomene jenseits ihres Fassungsvermögens zu liegen“ (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 145). Piaget hingegen hat sich nie direkt zu den Bildungsmöglichkeiten von Menschen im Bildungsgang Geistige Entwicklung geäußert. Er hat jedoch geschlussfolgert, dass für Kinder, die auf einem prä-operatorischen Niveau denken, das eigene Beobachten und Experimentieren beim Lernen essenziell ist und daher naturwissenschaftlicher Unterricht für sie überwiegend auf Formen des handelnden Lernens aufbauen muss (Piaget, 1999, S. 233 f.). In der Praxis konnte z.B. Manske (2011) nachweisen, dass Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung großes Interesse an Physik und Chemie haben und (mit Unterstützung) Modelle wie das Stoff-Teilchen-Modell im Unterricht nutzen können (S. 157).

Als Schlussfolgerung kann konstatiert werden, dass die Ansichten nach heutigem Kenntnisstand korrigiert (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 145) und die Curricula überarbeitet werden müssen. Dafür müssen die verschiedenen Disziplinen kokonstruktiv im Diskurs arbeiten, da nur auf dieser Prämisse die Forderung nach gleichem Recht auf Bildung und den daraus resultierenden Teilhabemöglichkeiten für alle Lernenden erfüllt werden kann. Für Terfloth und Bauersfeld (2015) gilt „die Sicherstellung der unterrichtlichen Auseinandersetzung mit Inhalten aus einem allgemeingültigen Curriculum“ (S. 66) als Qualitätsmerkmal des Unterrichts im Bildungsgang Geistige Entwicklung. Damit einhergehend wird das Recht auf gleichberechtigte Teilhabe an naturwissenschaftlicher Bildung für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung explizit verankert. Um diese Teilhabe jetzt schon zu optimieren und zu realisieren, muss auf die Curricula im Unterrichtsfach Physik in den Bildungsgängen der Sekundarstufe I zurückgegriffen werden. Fraglich ist, ob die Lehrkräfte dies in der Praxis tatsächlich so handhaben

oder ob sie sich an die geltenden Curricula im Bildungsgang Geistige Entwicklung halten und Lernende dadurch nicht die Möglichkeit haben, gleichberechtigt an Physik teilzuhaben.

### 5.6.3 Physikalische Lehrwerke im Bildungsgang Geistige Entwicklung

Lehrkräfte können neben Lehrplänen auf Lehrwerke zurückgreifen, um ihren Unterricht zu planen. Ein Blick auf den Lehrmittelmarkt verdeutlicht, dass sich die Anzahl der Lehrwerksreihen für zieldifferente Bildungsgänge in den letzten 20 Jahren halbiert hat. Aktuell existieren lediglich für den Bildungsgang Lernen zwei fächerübergreifende Lehrwerksreihen für den Biologie-, Chemie- und Physikunterricht:

- Gredig et. al. (2007–2012). *Klick! Biologie, Physik, Chemie*. Cornelsen Verlag
- Hass et al. (2019). *Stark in ... Biologie/Physik/Chemie*. Westermann Gruppe

Diese Lehrwerke setzen bestimmte Fähigkeiten wie Lesekompetenzen (Scholz et al., 2018, S. 319 f.), in Bezug auf Abbildungen eine Figur-Grundwahrnehmung sowie ein Abstraktionsvermögen, voraus, was für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung eine Barriere darstellt (s. 7.2). Somit können die Lehrwerksreihen nur stark eingeschränkt für den Physikunterricht in diesem Bildungsgang genutzt werden. Spezifische Lehrwerksreihen für den Physikunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung gibt es bislang nicht. In einigen Lehrmaterialien finden sich zwar elementarisierte Sachunterrichtsinhalte, jedoch nur in Verbindung mit einem kindlichen Kontext bzw. einer nicht altersadäquaten Darstellung (z.B. Lück, G. (2010). *Forschen mit Fred. Naturwissenschaften im Kindergarten*. Finken).

Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass es so gut wie keine Teilhabemöglichkeit am Physikunterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung gibt. Wenn diesen Lernenden keine physikalischen Bildungsinhalte und Arbeitsweisen passend vermittelt werden, bewirkt die „normative Kraft des Faktischen“ (Ratz, 2017, S. 176), dass es keine Praxisbeispiele gibt. Immerhin ist nach Bancroft (2002) der Mangel an adäquaten Lehrmitteln für den Bildungsgang Geistige Entwicklung international registriert worden (S. 168), sodass mittlerweile Konzepte sowie Lehr-Lern-Materialien entwickelt werden. Da diese jedoch kaum systematisch erprobt oder (empirisch) evaluiert werden, besteht das Desiderat nach wie vor (Scholz et al., 2018, S. 319 f.).

### 5.6.4 Empfehlungen zum Experimentieren im Bildungsgang Geistige Entwicklung

Eines dieser Konzepte, das zumindest in Ansätzen im Naturwissenschaftlichen Unterricht ziel-differenter Bildungsgänge erprobt und evaluiert wurde, ist das Forschende Lernen. Beim For-schenden Lernen sind handlungsorientierte, selbstständig erfahrbare, vielfältige, individuelle und differenzierte Zugänge zum Bildungsinhalt möglich, sodass sich dieser Ansatz nach der Europäischen Kommission (2007) bzw. Abels (2016) im naturwissenschaftlichen Unterricht für Lernende mit Beeinträchtigungen eignet (S. 324). Dies wird u.a. durch Forschungserkennt-nisse mit jungen Menschen untermauert, die genau wie einige Lernende im Bildungsgang Geis-tige Entwicklung, sich die Umwelt basal-perzeptiv oder konkret-gegenständlich aneignen. Es wurde festgestellt, dass Babys „ihre Umgebung genau beobachten und analysieren, Schlüsse ziehen, mit neuen Situationen experimentieren, die Welt aktiv erkunden und ihr Wissen dadurch Schritt für Schritt erweitern“ (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 150). Des Weiteren kön-nen bereits sehr junge Menschen begrifflich denken, wobei die Begriffe sehr domänenspezi-fisch und kontextabhängig sind (Sodian, 2002, S. 448). Nach Hoffman und Menthe (2015) gilt das auch für die meisten Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung (S. 150 f.).

Bestärkt wird dies dadurch, dass beim Forschenden Lernen die Lernenden sich von ihren kog-nitiven, sensorischen und/oder physischen Einschränkungen emanzipieren und Kompetenzen u.a. in Bezug auf Vorstellungskraft und Findung logischer Erklärungen entwickeln können (Scruggs & Mastropieri, 2007, S. 70). Vor allem die Level *structured* oder *guided inquiry* des Forschenden Lernens haben sich als probates Mittel herausgestellt, um das eigenständige Ar-beiten bei Leistungsschwächeren oder Lernenden in zieldifferenten Bildungsgängen schritt-weise zu fördern, da insbesondere diese Lernenden von anfangs stärkerer Strukturierung profi-tieren (z.B. Scruggs et al. 2008, S. 6; Wodzinski, 2007, S. 5; Lipowsky, 2002, S. 149). Beim sogenannten ‚Kochbuch-Experiment‘ erhalten Lernende beispielsweise eine detaillierte schrift-liche Anleitung für das Experiment. Sie arbeiten dann diese Anleitung ab, d.h., sie führen das Experiment durch und können so erfahrungsbasiert lernen. Nicht alle Arbeitsschritte müssen von den Lernenden eigenständig durchgeführt werden, sodass auch Lernende mit geringem be-reichsspezifischem Vorwissen Lernerfolge erzielen können (Kirschner et al., 2006, S. 75 ff.). Die Forschungsergebnisse von Tuovinen und Sweller (1999, o.S.) sowie von Klahr und Nigam (2004, S. 6) bestätigen, dass für Lernende, die in Physik bzw. in naturwissenschaftlichen Ar-beitsmethoden kein relevantes Vorwissen aufweisen, gelenkte Methoden signifikant besser für den Wissenserwerb sind als freie Exploration (student research inquiry). Dies betrifft z.B. Ler-nende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, die bislang nicht (gleichberechtigt) am natur-

wissenschaftlichen Unterricht teilhatten. Für sie können nach Terfloth und Bauersfeld (2015) ggf. motorische Hilfestellungen beim Experimentieren elementar für die Teilhabe sein (S. 166 f.). Dank des strukturierten und sukzessiven Kompetenzaufbaus erleben Lehrkräfte weniger Verhaltensauffälligkeiten seitens der Lernenden (Scruggs & Mastropieri, 2008, S. 3).

Für Pawlak und Groß (2020) bieten Experimente im Unterricht von Lernenden mit Beeinträchtigungen aufgrund realer und anschaulicher Begegnung eine Chance, Teilhabe zu ermöglichen (S. 214). Teilhabe am Experimentieren setzt für diese Lernenden jedoch bestimmte Bedingungen voraus. Aufgrund der Diversität in Bezug auf individuelle Ressourcen, Interessen, Fähigkeiten, Kenntnisse, Unterstützungsbedarf etc. gibt es keine allgemeingültigen Anforderungen (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 153 f.). Im Hinblick auf die Heterogenität der Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung muss bei der Planung des Physikunterrichts vor allem die Expertise der sonderpädagogischen Lehrkräfte in einem kooperativen Austausch eingebracht werden können (Scholz, 2015, S. 120).

Leider fehlen für diesen Bildungsgang diesbezüglich nicht nur aktuelle Unterrichtsmaterialien und Curricula, sondern insbesondere theoretische fachdidaktische Konzepte. Dies ist gravierend, da Kompetenzen gelernt werden müssen, um sie anwenden zu können bzw. Kompetenzen müssen angewendet werden, um sie zu lernen (Schiefer et al., 2011, S. 245). Dies gilt vor allem „für weniger theoretisch denkende Kinder“ (Köhnlein, 1982, S. 133). Für den Erwerb experimenteller Kompetenzen muss es daher genügend Gelegenheit geben, um einerseits Erfahrungen zu sammeln und andererseits Neues zu entdecken (Breyer et al., 2011, S. 178 f.).

Für einen Lernerfolg beim Experimentieren in zieldifferenten Bildungsgängen ist nach Scholz et al. (2018), neben der Lehrkraft, die individuelle Adaption der folgenden Empfehlungen entscheidend (S. 332):

- selbstständige Durchführung
- zuverlässiges Gelingen
- möglichst offensichtlich wahrnehmbare, eindeutige und verständliche Ergebnisse
- ungefährlich
- geringer Geräteaufwand / Nutzung von Alltagsmaterialien
- unterschiedliche Aneignungs- oder Darstellungsformen
- Zugangsmöglichkeiten über mehrere Kanäle
- Strukturierungshilfen
- präzise abgegrenzte Unterrichtssequenzen / Phasen des Experiments

- klar überschaubare(r) Rahmen, Regeln und (Sicherheits-)Anweisungen
- angemessenes Unterrichtstempo
- Passung zwischen Durchführungszeit und Aufmerksamkeitsspanne
- Gestufte Hilfen (ggf. besondere Hilfsmittel oder Assistenzen als Unterstützung)
- individuelle Rückmeldungen / Bewertungen
- Integration individueller Förderung

(u.a. Scholz et al., 2018, S. 324 ff.; Hoffmann & Menthe, 2015, S. 152 f.; Wiesner et al., 2013, S. 104 f.; Killermann et al. 2008, S. 154).

Insbesondere muss auf die Eindeutigkeit der Versuche, d.h. auf offensichtliche Kausalzusammenhänge, geachtet werden. Schäfer (2017) arbeitet heraus, dass sinnhaft gestaltete und strukturiert aufbereitete Wiederholungen den besonderen Bedürfnissen von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung entsprechen (S. 201).

Für Scholz et al. (2016) sind Lese- und/oder Sprachkompetenzen keine erforderlichen Bedingungen, um am experimentellen Naturwissenschaftsunterricht teilzuhaben, d.h., um „Phänomene zu beobachten, Erklärungen für die Beobachtungen zu finden und somit einfache naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu deuten“ (S. 456). Dafür müssen der Unterricht und die Materialien schrift- und sprachsensibel sowie handlungsorientiert so gestaltet sein, dass Lernende davon profitieren und so lernen können (Scruggs et al., 2008, S. 5).

Darüber hinaus sollten Experimente im Physikunterricht für den Bildungsgang Geistige Entwicklung im Sinne des Multiple-Pathway-Ansatzes auf verschiedenen Niveaustufen angeboten werden (Breyer et al., 2011, S. 176). Das Kompetenzstufenmodell zum Experimentieren von Anton (2008) berücksichtigt dies und beginnt mit der Ebene „Gegenstände erkunden (mit Hilfe von Sinnen wahrnehmen, begreifen, ertasten)“ (S. 79). Aufgrund der Diversität im Bildungsgang Geistige Entwicklung und der Vielfältigkeit physikalischer Bildungsinhalte können nicht immer alle Experimente von Lernenden selbstständig durchgeführt werden (Scholz et al., 2018, S. 332). Trotzdem sind adäquate Anpassungen z.B. in Bezug auf fachliche Bildungsinhalte, Arbeitsweisen, Zugänge und Bewertungsinstrumente erforderlich, um den individuellen Bedürfnissen aller Lernenden gerecht zu werden (Musenberg & Riegert, 2015, S. 24; Schmidt, 2014, S. 139 f.; Stefanich, 2001, S. 7). Selbst wenn Lernende an einem bestimmten fachlichen Bildungsinhalt nicht teilhaben können, „bedeutet [dies] nicht, dass nicht in anderen fachlichen und überfachlichen Bereichen Fähigkeiten durch die Teilhabe und Partizipation erworben werden können“ (Simon & Pech, 2018, o.S.). Hinzu kommt, dass experimenteller Physikunterricht


nur eine Vermittlungsmethode von Bildungsinhalten ist und somit nach Scruggs et al. (2008) nicht als Allheilmittel für naturwissenschaftliches Lernen angesehen werden kann (S. 5).

Nichtsdestotrotz bieten insbesondere Experimente viele Teilhabemöglichkeiten, da sie individuelle Zugänge bieten, Methoden- und Sachwissen ineinandergreifen und neben kognitiven Kompetenzen auch affektive, psychomotorische und soziale fördern. Die dargestellten Forschungsergebnisse verdeutlichen, dass Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, ggf. mit Unterstützung, experimentieren, also teilhaben können (z.B. Scruggs et al. 2008, S. 18) und definitiv sollten.


## 5.7 Schlussfolgerung: Gestaltungsprinzipien aus Perspektive der Physikdidaktik

In diesem Kapitel wurde deutlich, dass physikalische Inhalte und Arbeitsweisen zur Grundbildung aller gehören. Um Teilhabe für alle Lernenden am Physikunterricht umzusetzen, müssen die Spezifika des Faches im Zusammenhang mit den Besonderheiten der Lernenden berücksichtigt werden. Da bislang nur wenige Forschungsergebnisse in Bezug auf Physik- bzw. Naturwissenschaftsunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung vorliegen, gibt es keine Blaupause für konkrete Handlungsanweisungen und Gelingensbedingungen. Stattdessen muss im Rahmen dieser Arbeit auf physik- bzw. naturwissenschaftsdidaktische Unterrichtsprinzipien und aus der bisherigen Forschung genierten Empfehlungen zurückgegriffen werden. Diese müssen für die Entwicklung und Umsetzung der Intervention u.a. mit den Gestaltungsprinzipien für den Bildungsgang Geistige Entwicklung kombiniert werden.


Für die Physikdidaktik lassen sich für die Optimierung von Teilhabe, d.h. für die Entwicklung und Implementierung einer Intervention, zusätzlich zu den bisherigen, folgende Gestaltungsprinzipien ableiten:

-  tieferes / erweitertes Verständnis der natürlichen Welt (Scientific Literacy)


---

-  Original- bzw. Primärbegegnung mit Phänomenen aus der Physik


---

-  wahrnehmbare, wiederholbare, eindeutige und verständliche Experimente


---

-  klar überschaubare(r) Rahmen, Regeln und (Sicherheits-)Anweisungen


---

-  multisensorisch wahrnehmbare Ergebnisse


---

-  Segmentierung (Phasierung)




-  Fachspezifische Denk- & Arbeitsweisen


---

-  geringer Geräteaufwand


---

-  Nutzung von Alltagsmaterialien / Hands-on-Experimente

---

-  verschiedene Handlungsniveau und -ausführung (Levels of Inquiry)

---

-  Kombination kognitiver, affektiver, psychomotorischer und sozialer Elemente

Anhand der vorgestellten physikdidaktischen Erkenntnisse und Forschungsansätze zum naturwissenschaftlichen Unterricht für alle Lernenden wird deutlich, dass Potenzial vorhanden ist, damit Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung am Physikunterricht teilhaben können. Da physikalische Phänomene und Gesetzmäßigkeiten im Alltag überall zu finden sind, würde für diesen Personenkreis ein Ausschluss vom Physikunterricht gleichzeitig die gleichberechtigten Teilhabemöglichkeiten am alltäglichen Leben reduzieren.

Wie dem entgegenzuwirken ist, wird im folgenden Kapitel ein Ansatz vorgestellt.

*»Ist denn wirklich in der ganzen Gesellschaft schon angekommen, dass wir in jeder Hinsicht und nicht nur räumlich „barrierefrei“ werden müssen? Zuerst im Kopf, aber dann sozusagen in allen Lebenslagen.«*

*(Joachim Gauck – Festakt zur Eröffnung der Special Olympics, 2012)*

---

## **6 Universal Design for Learning (UDL)**

In der UN-BRK werden neben AT, die Beseitigung von Barrieren und ein Universelles Design als Grundvoraussetzung und Instrument genannt, um die formulierten Ziele, wie Teilhabe für alle, zu verwirklichen (UN-BRK, 2006, Art. 2). Der Anwendungsbereich umfasst nach der UN-BRK und der deutschen Gesetzgebung z.B. Sozialgesetzbuch (SGB) IX (Bundesamt für Justiz [BfJ], 2016) Gesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (Behindertengleichstellungsgesetz – BGG) (BMAS, 2002) alle Lebensbereiche, auch die Bildung. Das Universelle Design muss so konstruiert und umgesetzt werden, dass es möglichst die Bedürfnisse aller berücksichtigt, ohne gleichzeitig zu stigmatisieren (Bühler, 2016, S. 155 f.).

Daher werden in diesem Kapitel barrierearme Unterrichtsgestaltung und -umsetzung thematisiert und der Ansatz des Universal Design for Learning (UDL) dargestellt. Darauf basierend werden zum Schluss adaptive, barrierearme universelle Gestaltungsprinzipien für die Entwicklung und Durchführung der geplanten Intervention abgeleitet.

### **6.1 Barrierearme Unterrichtsgestaltung**

Nach der UN-BRK haben sich die unterzeichnenden Staaten verpflichtet, einen barrierearmen Zugang zu schulischer Bildung für alle Lernenden zu ermöglichen (UN-BRK, Art. 9 u. Art. 24). Für die barrierenreduzierte Gestaltung von Schulgebäuden gibt es Vorschriften und Empfehlungen (z.B. Unfallkasse Nordrhein-Westfalen, 2011). Im Gegensatz dazu „lassen sich für die Planung und Analyse von barrierefreiem Unterricht aktuell in Deutschland kaum erprobte und bewährte Konzepte finden“ (Schlüter et al., 2016, S. 271).

Erste Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass Lehrkräfte auf spezifische Weise darauf reagieren, wie Lernende einen Bildungsinhalt bearbeiten und Passungsentscheidungen vornehmen, um Barrieren zu beseitigen (Wember & Melle, 2018, S. 59). Es werden zwei Strategien unterschieden, wobei keine grundsätzlich besser ist (s. Tab. 9).

Tab. 9: Übersicht über Passungsstrategien in Anlehnung an Wember & Melle, 2018, S. 59 f. – eigene Darstellung

| remediale Strategie   | kompensatorische Strategie  |
|---|---|
| direkte Förderung fehlender Lernvoraussetzungen bzw. Dispositionen            | Umgehung fehlender Lernvoraussetzungen  |
| Defizite werden aktiv angegangen  | alternative unterrichtliche Wege und Methoden, um fehlende Lernvoraussetzungen zu substituieren |
| niemand wird zurückgelassen oder aussortiert                                  | Nutzung bereits vorhandener Ressourcen und besonders gut ausgeprägter Fähig- und Fertigkeiten   |
| beträchtlicher Aufwand seitens der Lehrkräfte                                 | fehlende Lernvoraussetzungen z.B. durch Medien ausgleichen                                      |
| kann nicht immer realisiert werden (z.B. bei sensorischen Beeinträchtigungen) | ausgleichende Praktiken und Methoden  |

Ein umfassendes Verständnis von Barrierenreduktion muss sich auch bei der Planung, Durchführung und Evaluation von Unterricht und bei der Kommunikation zwischen Lehrkräften und Lernenden sowie der Lernenden untereinander niederschlagen (Schlüter et al., 2016, S. 271). Der Fokus beim Beseitigen von Barrieren liegt im Sinne der UN-BRK darauf, Teilhabe für alle Lernenden in jedem Bildungsgang zu ermöglichen. Daher sollten sich Lehrkräfte bei der Unterrichtsplanung am Konzept des Universal Design orientieren, das „ursprünglich aus der Architektur und dem Industriedesign bzw. aus der Assistiven Technologie“ (Wember & Melle, 2018, S. 63) kommt. Mithilfe von Bühlers (2015) Prinzipien wird deutlich, was das Besondere am Ansatz des Universal Design ist. Dieser beinhaltet breite Nutzbarkeit, geringen körperlichen Aufwand, Flexibilität in der Verwendung, sensorisch wahrnehmbare Informationen, Fehlertoleranz, einfache und intuitive Benutzung sowie Größe und Platz für Zugang und Benutzung (s. Abb. 17).

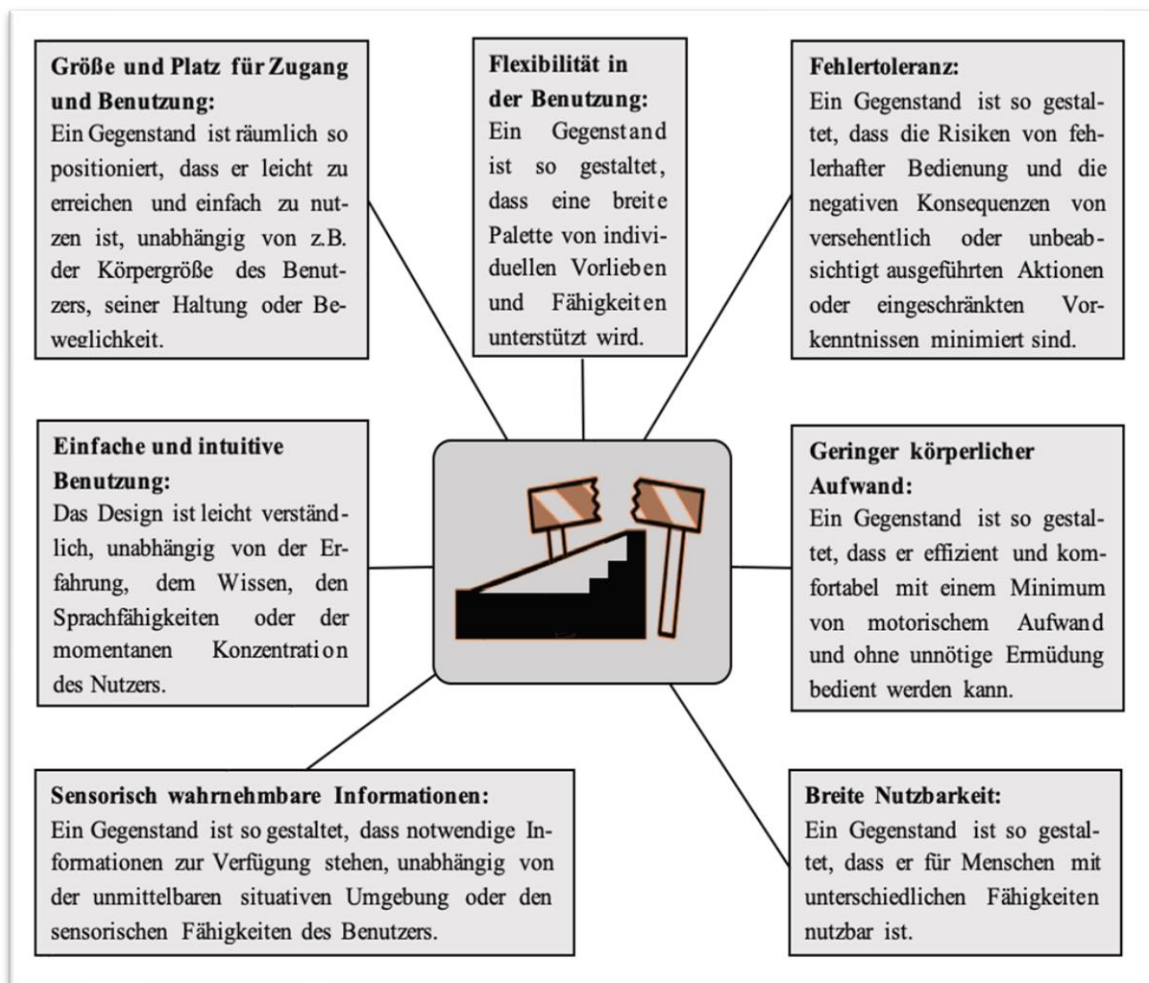


Abb. 17: Prinzipien des Universellen Designs in Anlehnung an Bühler, 2015, S. 122 f. – eigene Darstellung

Die Prinzipien der barrierearmen Gestaltung, die sich auf Gegenstände des Alltags beziehen, lassen sich auf Lernprozesse übertragen, um alle vermeidbaren Barrieren im Bildungsprozess zu beseitigen. Dies kann verschiedene Darstellungsarten sowie für die Lernenden mehrere Wege umfassen, sich auszudrücken und unterschiedliche Möglichkeiten, sich einzubringen (Bühler, 2015, S. 125). Damit erhalten alle Lernenden im Sinne von Bjork und Bjork (2011) eine Chance, die Herausforderung des Lernens anzunehmen und an Bildung teilzuhaben, da unnötige Barrieren reduziert werden (S. 58). Das Konzept dahinter ist das UDL, das nachfolgend beschrieben wird.

## 6.2 Grundlagen des UDL

Das Konzept des Universal Design for Learning (UDL) kann „man frei übersetzen [...] als Universelle Unterrichtsgestaltung zur Sicherung des Lernerfolgs für alle“ (Schlüter et al., 2016, S. 271). *Universal Design* impliziert nach Wember und Melle (2018), „dass eine große Vielfalt

von Lernvoraussetzungen (u.a. Dispositionen, kognitive Fähigkeiten, Motivation) den alltäglichen Normalfall und nicht die besondere Ausnahme in schulischen Lerngruppen darstellt [...] und dass dieser Verschiedenartigkeit durch eine Vielfalt von pädagogischen Angeboten entsprochen werden muss“ (S. 67). *For Learning* bedeutet, dass im Unterricht durch eine möglichst flexible Zusammenstellung von Strategien, Methoden, Techniken, Materialien und Repräsentationen allen Lernenden der Zugang zum Lerngegenstand und damit das Lernen erleichtert wird (Meister et al., 2017, S. 248 f.).

In den USA findet das Konzept breite Anwendung in der Entwicklung von Unterrichtskonzepten für die Bildungsgänge Lernen und Geistige Entwicklung sowie für Lernende im Autismus-Spektrum (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.; Biewer, 2017, S. 232). Schlüter et al. (2016) betonen, dass das UDL eine „Flexibilität in der Informationsdarstellung, in der Präsentation und Demonstration von Wissen und Fähigkeiten durch die Schülerinnen und Schüler und in der Aktivierung und Motivierung der Lernenden bietet“ (S. 274), Barrieren im Unterricht reduziert und passende Räume öffnet. Das Konzept unterstützt, fordert aber auch heraus und hält hohe Leistungserwartungen für alle Lernenden aufrecht, auch bei Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung (Schlüter et al., S. 274). Um den unterschiedlichen Voraussetzungen, Vorerfahrungen und Interessen der Lernenden begegnen zu können, werden ihnen so einerseits vielfältige Optionen angeboten, andererseits werden Unterstützungsmaßnahmen direkt eingebunden (Bartz et al., 2018, S. 97). Nach Wember und Melle (2018) arbeiten alle Lernenden „an einem gemeinsamen Lerngegenstand [...], wobei aber unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden“ (S. 67) können. Beim UDL geht es darum, individuelle Zugangsbarrieren zu Lerninhalten abzubauen. Dies ist eine Grundvoraussetzung, damit Lernende „mit kognitiven Beeinträchtigungen und Lernschwierigkeiten wie alle Kinder, wie ihre Altersgenossen, an den gleichen allgemeinen Bildungsinhalten teilhaben“ (Klauß & Lamers, 2010, S. 315 f.).

Der UDL-Ansatz bietet keine einheitliche Lösung, sondern flexible Ansätze, die individualisiert und angepasst werden können und müssen (Cumming & Draper Rodríguez, 2017, S. 164 f.). Es gibt drei Prinzipien, die bei der Realisierung von Bildungsinhalten im Sinne von UDL zu beachten sind, um die Lebensumwelt so zu gestalten, dass Barrieren abgebaut werden:

- „Multiple Optionen der Repräsentation von Informationen, sodass flexible Zugänge zu den Lerninhalten bestehen.
- Multiple Wege der Informationsverarbeitung und Darstellung von Lernergebnissen, sodass auf verschiedenen Wegen gelernt werden und gezeigt werden kann, was erarbeitet wurde.

- Möglichkeiten zur Förderung von Lernengagement und -motivation, sodass die [Lernenden] engagiert und interessiert lernen“ (Bartz et al., 2018, S. 97).

Diese drei Prinzipien sind nochmals in jeweils drei Richtlinien mit Checkpoints differenziert und „sollen Entwicklern von Lehr- und Lernmaterialien und Lehrkräften helfen, Methoden der Differenzierung und Individualisierung von Unterricht zu identifizieren, die sich bei der Reduzierung von Barrieren im Unterricht als effektiv erwiesen haben“ (Rose & Gravel, 2010, S. 120). Bei der Umsetzung des UDL geht es nicht darum, alle bzw. möglichst viele Richtlinien zu erfüllen. Vielmehr soll die Planungstabelle Lehrkräften als Orientierungsrahmen dienen, um in Abhängigkeit vom Bildungsinhalt, von Zielsetzung, Zusammensetzung der Lerngruppe und den jeweiligen Lernenden begründet Schwerpunkte zu setzen (Wember & Melle, 2018, S. 69). Die Prinzipien und Richtlinien werden von Nelson (2014, S. 136) in sechs Schritten einer prozessorientierten Unterrichtsplanung konkretisiert (s. Abb. 18).

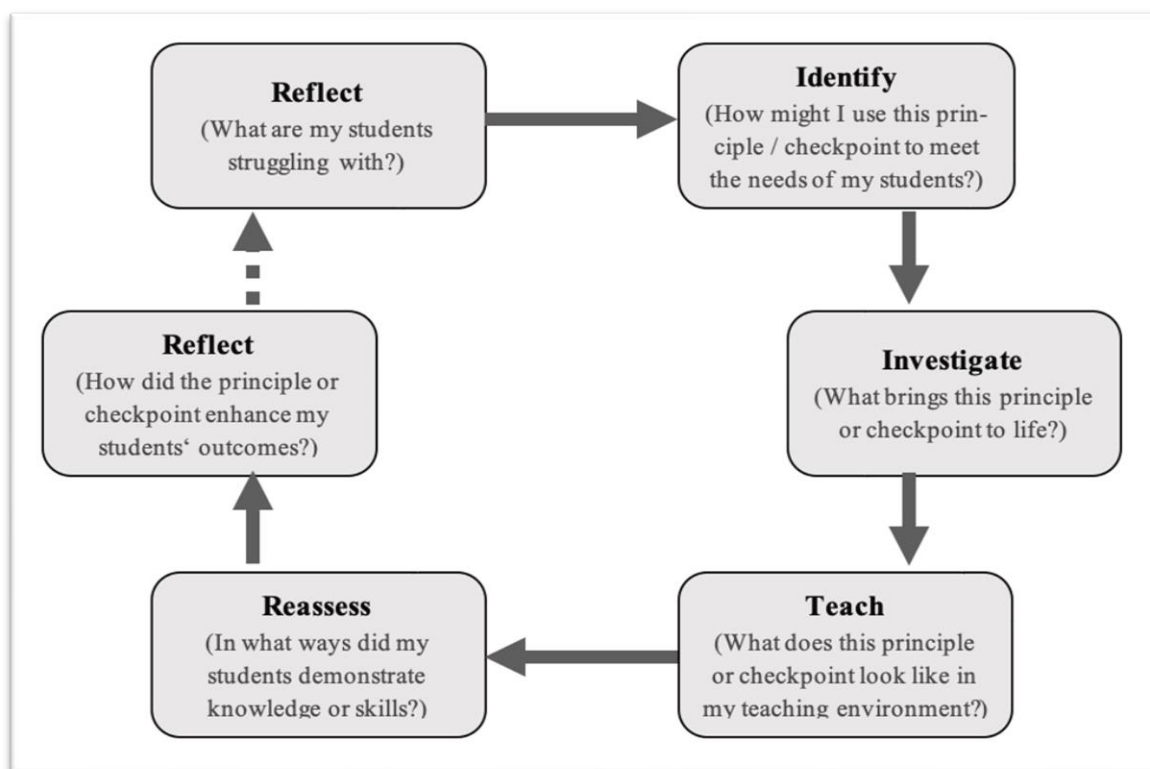


Abb. 18: Planungskreis für die Implementierung von Elementen des UDL in Anlehnung an Nelson, 2014, S. 136. – eigene Darstellung

Die Identifizierung von Lernbedürfnissen und möglichen Barrieren sind der Ausgangspunkt des Planungsprozesses (Bartz et al., 2018, S. 94). Im zweiten Schritt werden Methoden bzw. Strategien zum konstruktiven Umgang ermittelt und abgewogen, welcher Ansatz am geeignetsten erscheint und wie dieser in den Lehr-Lern-Prozess integriert werden kann. Zum Schluss

wird reflektiert, ob sich die Methode bzw. Strategie als geeignet erwiesen und hinsichtlich der intendierten Lernziele bewährt hat (Bartz et al., 2018, S. 94).

Die Prinzipien und Richtlinien sowie der Planungsprozess sollen Lehrkräfte dabei unterstützen, vielfältige Wahlmöglichkeiten für die Lernenden zu konzipieren. „Durch das Angebot vielfältiger Optionen können die Lernenden selbst entscheiden, welchen Zugang zu Lerninhalten sie bevorzugen und wie sie mit den Lernmaterialien umgehen möchten“ (Schlüter et al., 2016, S. 274). Folglich werden Lernende neben reinen Konsumenten zu Produzenten, d.h. zu „Prosumenten“ (Landesinstitut für Schulentwicklung [LS], 2018, S. 20), was sich wiederum positiv auf Motivation und Selbstwirksamkeit auswirkt. Gleichzeitig eröffnen die flexiblen Wahlmöglichkeiten Potenziale, sodass alle Lernenden, unabhängig von einer spezifischen Diversitätsdimension, am Unterricht teilhaben können (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.). Somit erfolgt die Differenzierung beim UDL latent, da die im Unterricht eingesetzten Methoden und Medien entsprechend (um-)gestaltet werden, um Barrieren für erfolgreiches Lernen zu reduzieren. Dadurch finden die Lernenden nach Prediger (2016) leichter einen Zugang zum jeweiligen Bildungsinhalt (S. 362). Wember und Melle (2018) weisen darauf hin, dass es zu erheblichen Niveauunterschieden im Unterricht führen kann, insbesondere wenn die Lernenden zieldifferent unterrichtet werden (S. 67).

Auch wenn bei den Wahlmöglichkeiten die neuesten Erkenntnisse, Konzepte und Produkte berücksichtigt werden, kann es sein, dass für einige Lernende Barrieren nicht (ausreichend) reduziert werden können, sodass individuelle kompensatorische Strategien zum Tragen kommen müssen (Bühler, 2016, S. 158). Studien weisen darauf hin, dass die Selbststeuerung in Form der Wahlmöglichkeiten einige Lernende überfordert (Heinen & Kerres, 2015, S. 8).

Der UDL-Ansatz setzt grundsätzlich an den Umweltfaktoren an wie z.B. dem Unterricht, den Methoden, dem Material oder der Repräsentationsebene, nicht an den Lernenden (Nehring & Walkowiak, 2017, o.S.). Daher kann die Anwendung von UDL im naturwissenschaftlichen Unterricht Barrieren reduzieren und Teilhabe ermöglichen, was im Folgenden näher erläutert wird.

### **6.3 UDL im naturwissenschaftlichen Unterricht**

UDL wurde nach Muth und Erb (2019) „in der fachdidaktischen Forschung der Naturwissenschaften bereits in einigen Projekten erfolgreich eingesetzt, um inklusiven Unterricht zu gestalten“ (S. 122). Darüber hinaus hat Melle (2017, S. 20), basierend auf UDL, Leitlinien für

Experimentieranleitungen konzipiert, die im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht berücksichtigt werden sollen:

- „Differenzierte Detailliertheit der Experimentiervorschriften
- Experimentiervorschriften mit Lückentext
- Einsatz von informationsstützenden Bildern
- Auswertung des Experiments auf differenzierten fachlichen Niveaus
- Differenzierung hinsichtlich des Umfangs der experimentell zu bearbeitenden Eigenschaften
- Möglichkeiten der Differenzierung während der Durchführung des Experiments
- Möglichkeit der Lösung des Problems mit unterschiedlich anspruchsvollen Experimenten
- Teilweise Vorgabe oder gemeinsame Erarbeitung unterschiedlicher Schritte des Problemlöseweges
- Differenzierung hinsichtlich des Umfangs der experimentell zu bearbeitenden Eigenschaften“.

Für Stinken-Rösner et al. (2020) müssen darüber hinaus Sicherheit, Mobilität und Flexibilität von Laborgeräten bzw. Versuchsmaterialien betrachtet werden, weil nur so mögliche Barrieren reduziert werden und alle Lernenden am Experimentieren teilhaben können. Davon profitieren nach Schlüter et al. (2016) nicht nur Lernende mit Unterstützungsbedarf bzw. Beeinträchtigungen, sondern es werden alle individuell gefordert und gefördert (S. 273). Wember und Melle betonen in diesem Zusammenhang, dass

*„[ü]ber die individuelle Passung einer didaktischen oder methodischen Entscheidung [...] letztlich nicht grundsätzlich befunden werden [kann,] sondern nur situativ, d.h. nur dann, wenn man das betroffene Kind kennt, den konkreten unterrichtlichen Kontext beachtet und bedenkt, welche Qualifikationen ein Kind erwerben soll und auf welche Ressourcen es zurückgreifen kann“ (Wember & Melle, 2018, S. 61).*

Darüber hinaus können Lehr-Lern-Prozesse nie 100% barrierefrei sein, da neben eindeutigen Barrieren viele sogenannte weiche Barrieren existieren, die nicht antizipierbar, personen- bzw. situationsabhängig, spezifisch und/oder individuell sind. Nichtsdestotrotz sollte im Sinn eines inklusiven Designs das Streben nach Barrierearmut das Ziel sein.



## 6.4 Schlussfolgerung: Barrierearme universelle Gestaltungsprinzipien

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, dass eine barrierearme universelle Gestaltung und Umsetzung von Physikunterricht kein ‚nice to have‘ ist, sondern wesentliches Element, um Teilhabe für alle Lernenden zu ermöglichen. Daher muss Unterricht basierend auf barrierearmen universellen Gestaltungsprinzipien konstruiert und umgesetzt werden. Dadurch kann der jeweilige Bildungsinhalt „ohne Anpassung von möglichst vielen und mit Adaption sowie assistiven Technologien von allen“ (Bühler, 2016, S. 155) gelernt werden.

Aufgrund der Diversität im Bildungsgang Geistige Entwicklung und der individuellen Ressourcen und Beeinträchtigungen bietet sich der UDL-Ansatz quasi per se an, um Teilhabe im und am Physikunterricht zu optimieren. Dafür müssen folgende zusätzliche Gestaltungsprinzipien bei der Entwicklung der geplanten Intervention berücksichtigt werden:

-  authentische Aufgaben


---

-  verschiedene Modi & Darstellungsebenen

---

-  Gestufte Hilfen

---

-  (Zusatz-)Materialien

---

-  Hintergrund- bzw. Zusatzinformationen

---

-  Transfermöglichkeiten

Bei der Gestaltung von Unterrichtsmaterialien im Sinne des UDL-Konzepts spielen die Berücksichtigung von Sprach- und Lesefähigkeit der Lernenden eine elementare Rolle. Dies gilt insbesondere für die Teilhabe am Physikunterricht allgemein (Leisen, 2005a, S. 4) und besonders für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung (Dirks & Linke, 2019, S. 245). Daher wird die Rolle von Sprachsensibilität in Bezug auf Teilhabe im nächsten Kapitel thematisiert.

»Schreibe kurz – und sie werden es lesen.  
Schreibe klar – und sie werden es verstehen.  
Schreibe bildhaft – und sie werden es im Gedächtnis behalten.«

(Joseph Pulitzer)

---

## 7 Barrierearme Sprache

Sprache spielt eine zentrale Rolle im Unterricht. Im Physikunterricht müssen Lernende (be)fähig(t) sein, Texte sinnentnehmend selbst zu erschließen, um gleichberechtigt teilhaben zu können. Noll et al. (2020) weisen auf Studien hin, die zeigen, dass schriftsprachlich dargebotene Informationen Teilhabe erschweren, insbesondere für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung (S. 158). Die sprachlichen Barrieren können nicht alleine durch die Berücksichtigung von UDL-Prinzipien abgebaut werden (Bosse, 2014, S. 152).

Daher werden in diesem Kapitel, als Alternative bzw. Ergänzung zur üblichen (Schrift-)Sprache, die Konzepte *Leichte Sprache* und der *Erweiterte Lesebegriff* vorgestellt. Dies erfolgt, nachdem zunächst die (Schrift-)Sprache und ihre Spezifika sowohl im Physikunterricht als auch im Bildungsgang Geistige Entwicklung thematisiert wurde. Zum Schluss werden sprachensible Gestaltungsprinzipien abgeleitet, die Teilhabemöglichkeiten für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren eröffnen und optimieren.

### 7.1 Sprache im Physikunterricht

Im Unterricht hat Sprache eine wichtige Funktion, da Lernende besser in der Lage sind, neue Informationen kognitiv zu verarbeiten, wenn (unbekannte) Handlungen versprachlicht werden (Miessler & Bauer, 1994, S. 156). Sprache wird anhand verschiedener Sprachregister, d.h. linguistischer Merkmale und situativer Bezüge, klassifiziert. Leisen (2005a) unterscheidet für den Physikunterricht zwischen der

- Nonverbalen Sprache,
- Bildsprache,
- Verbalsprache,
- Symbolsprache und
- Mathematischen Sprache (S. 7 f.).

Die Verbalsprache untergliedert er in die Alltags-, Unterrichts- und Fachsprache (Leisen, 2010, S. 48). Im Unterschied zur Alltagssprache sind für die Bildungssprache eine überwiegende

Schriftlichkeit sowie ein differenzierter fachlicher Wortschatz charakteristisch (Pincker-Fischer, 2017, S. 44 f.). Die Bildungssprache kann i.d.R. von Menschen mit einer allgemeinen Schulbildung verstanden werden, im Gegensatz zur Fachsprache, die sich vor allem durch eine Vielzahl spezieller Fachwörter definiert. Scruggs et al. (2008) weisen darauf hin, dass einige naturwissenschaftliche Lehr- bzw. Schulbücher mehr neue Vokabeln enthalten als fremdsprachige (S. 3). Darüber hinaus können die Fachwörter eine andere Bedeutung haben als in der Alltagssprache der Lernenden (beispielsweise: Spannung oder Stärke). Neben Fachwörtern ist für Fachsprache charakteristisch, dass sie präzise, differenziert, ökonomisch, anonym und objektiv ist (Schroeter-Brauss et al., 2018, S. 106). Daher stellt nach Stinken-Rösner et al. (2020) Sprache, unabhängig von den individuellen Fähigkeiten der Lernenden, das größte Hindernis beim Erlernen fachspezifischer naturwissenschaftlicher Inhalte dar (S. 32 f.).

Für die Kommunikation im Physikunterricht sind laut KMK (2004) „eine angemessene Sprech- und Schreibfähigkeit in der Alltags- und der Fachsprache [...] erforderlich“ (S. 10). Daher schreibt z.B. der Lehrplan NRW für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Hauptschulen der Unterrichtssprache eine Brückenfunktion zu, die „zwischen Fachsprache und Alltagssprache [vermittelt], indem sie diese präzisiert und schrittweise durch neue Begriffe erweitert“ (MSB NRW, 2011, S. 22). Die Alltags-, Bildungs- und Fachsprache wird im Physikunterricht überwiegend in (Schulbuch-)Texten und Unterrichtsgesprächen angewendet. In kokonstruktiven und kollaborativen Sozialformen, wie Partner- oder Gruppenarbeit, kommunizieren Lernende ggf. in Soziolekten, Dialekten oder ihren Herkunftssprachen (MSB NRW, 2011, S. 15). Die allgemeinen und spezifischen sprachlichen Phänomene und Darstellungsformen im Physikunterricht sind in Abb. 19 dargestellt.

Laut KMK (2004) „gehören das angemessene Verstehen von Fachtexten, Graphiken und Tabellen sowie der Umgang mit Informationsmedien und das Dokumentieren des in Experimenten oder Recherchen gewonnenen Wissen“ (S. 10) zu einer adressatengerechten und sachbezogenen Kommunikation. Diese ist ein wesentlicher Bestandteil physikalischer Grundbildung und somit ein wesentliches Ziel des Physikunterrichts. Die adressatengerechte und sachbezogene Kommunikation der Lernenden entwickelt sich nach Rincke & Leisen (2015) simultan zu ihrem Lernzuwachs. Daher bezeichnen sie Sprache als „Konstruktionsmittel für physikalische Verstehens- und Kommunikationsprozesse“, mit dem Lernende „das Fach in der Sprache und mit der Sprache“ lernen (S. 651).

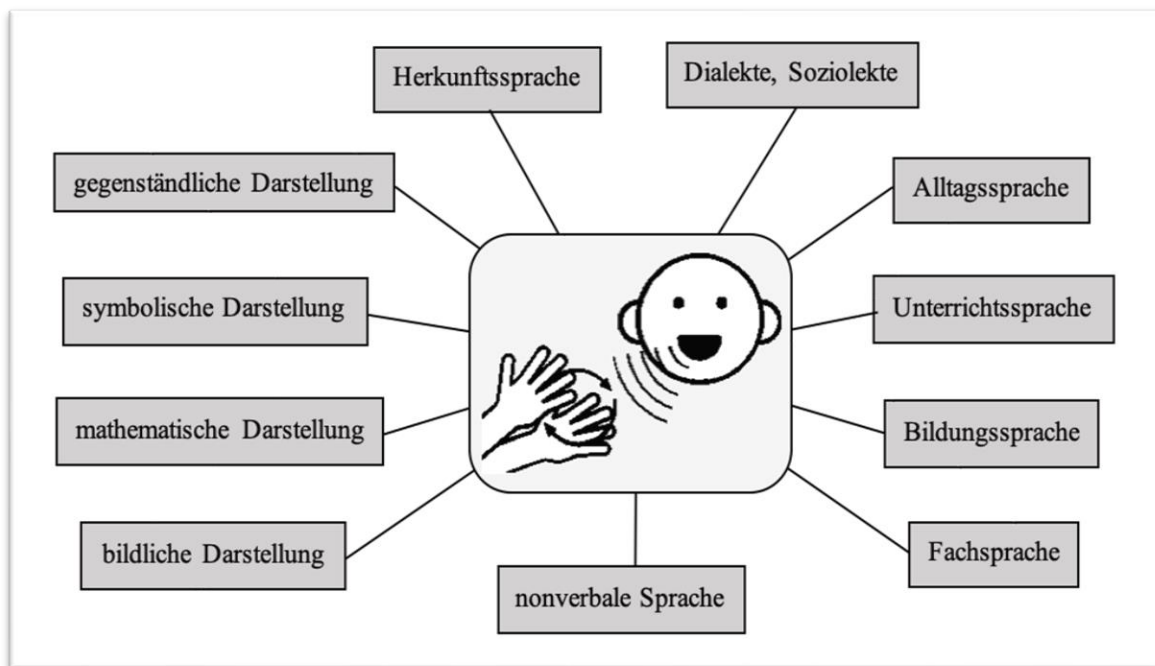


Abb. 19: Sprachen im Physikunterricht – eigene Darstellung

Da „eine nicht adressatenorientierte Verwendung von Fachsprache im Unterricht [...] Verstehensprozesse erschweren“ (MSB NRW, 2011, S. 22) kann, werden im Lehrplan NRW für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Hauptschulen exemplarisch Elemente auf Wort-, Satz- und Textebene formuliert, die für das Verständnis von naturwissenschaftlicher Unterrichtssprache bedeutend sind (MSB NRW, 2011, S. 22 ff.). So soll Hürden begegnet werden, die insbesondere Lernende haben, „die beispielsweise aufgrund ihrer Zuwanderungsgeschichte, ihres sozioökonomischen Status’ oder ihres Förderbedarfs im Allgemeinen über geringe sprachliche Fähigkeiten verfügen“ (Adesokan, 2015, S. 25). Ein sprachlich unterstützender bzw. sprachsensibler Physikunterricht berücksichtigt mögliche Schwierigkeiten von Lernenden, damit Sprache nicht das fachliche Verständnis behindert und zu einer Teilhabebarriere wird (Schroeter-Brauss, 2018, S. 7 f.).

Nach Leisen (2005a) sind im Physikunterricht Schwierigkeiten mit der Sprache auf den Wortschatz sowie auf spezifische syntaktische und morphologische Strukturen zurückzuführen. Damit sind Entlehnungen aus anderen Sprachen oder Terminologisierung alltagssprachlicher Wörter, wie z.B. ‚Kraft‘, Nominalstil mit erweiterten Nominalphrasen, Passivkonstruktionen, spezifische Verbvalenzen etc. gemeint (S. 5). Als verständnisfördernd in den Naturwissenschaften gilt die Verwendung von Animismen und Anthropomorphismus, „die naturwissenschaftliche Phänomene so erklär[en], als habe die unbelebte Natur eine lebendige Seele oder einen eigenen Willen“ (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 154). Animismen sind z.B. ‚Gleiche

Ladungen mögen sich nicht und stoßen sich daher ab‘ oder Ausdrücke wie ‚träge Körper‘ und ‚wandernde Ionen‘. Schon Wagenschein (1980) hat darauf hingewiesen, dass Fachsprache nicht kindgerecht sei und die Lernenden überfordern würde (S. 103). Er sieht das Wissen am effektivsten gesichert, wenn es die Lernenden mit ihren eigenen Worten wiedergeben können.

Daher sollen nach Oehlerking-Bähre (1992) Lehrkräfte im Physikunterricht mit den Lernenden in ihrer Sprache sprechen sowie Sachverhalte und Fachbegriffe einfach, kindgerecht und verständlich in die Alltagssprache übersetzen (S. 22 f.). Für die physikalische Begriffsbildung ist es nach Muckenfuß (1995) dennoch unabdingbar, Lernende in der Alltagssprache mit der Fachsprache zu konfrontieren (S. 259) und sie dabei mit Bildern und (Audio-)Erklärungen zu unterstützen. Dechant et al. (2018) weisen auf mnemotechnische Strategien hin, d.h. die Verbindung und Visualisierung unbekannter Begriffe mit bekannten Wörtern oder Merksprüchen wie z.B. für die Planeten der Erde: **„Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel“** (= **M**erkur, **V**enus, **E**rde, **M**ars, **J**upiter, **S**aturn, **U**ranu, **N**eptun). Leisen (2005b) bekräftigt dies und führt weitere Aspekte an, die bei der Gestaltung eines sprachintensiven und sprachgerechten Unterrichts berücksichtigt werden sollten wie z.B. **„Sprache als eine von vielen Darstellungsformen nutze[n]“**, **„fachsprachliche Strukturen behutsam angehe[n]“** und **„beim Lesen von Texten Hilfen gebe[n]“** (S. 9).

In Bezug auf einen sprachsensiblen Physikunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung müssen nicht nur physikimmanente Aspekte berücksichtigt werden, sondern auch Besonderheiten und Spezifika des Bildungsganges. Diese werden im Folgenden dargestellt.

## 7.2 Sprache im Bildungsgang Geistige Entwicklung

Sprache und/oder Schrift können für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung das größte Teilhabehindernis sein. Bundschuh et al. (1999) stellen fest, dass ca. ein Fünftel aller Lernenden **„von ersetzenden und ergänzenden Kommunikationsmitteln profitieren bzw. [...] sogar darauf angewiesen“** (S. 521) sind. Daher muss im Vermittlungsprozess dieses Bildungsinhalts aus (sonder-)pädagogischer Perspektive das Sprach-, Symbol- und/oder Lese- bzw. Sprachverständnis der jeweilig Lernenden berücksichtigt werden. Terfloth und Bauersfeld (2015) betonen, dass Sprachverständnis und Sprechfähigkeit bei der Unterrichtsplanung getrennt betrachtet werden müssen, da **„[t]rotz Beeinträchtigungen bei der Sprechproduktion [...] ein hervorragendes Sprachverständnis vorhanden sein“** (S. 116) kann. Deshalb müssen allen Lernenden individuell passende sprachliche Möglichkeiten und Medien angeboten werden.

Beim Lesen ist wichtig, dass der Inhalt aufgenommen wird, nicht unbedingt die Art, wie dies geschieht. „So ist vor allem bei Aufgaben für Schülerinnen und Schüler mit kognitiven Einschränkungen auf eine verständliche, aber dennoch angemessene Sprache zu achten, die keinesfalls Fachbegriffe grundsätzlich ausschließen sollte“ (Scholz, 2015, S. 122). Unterrichtsmaterialien müssen auf sprachliche Barrieren kontrolliert und Alternativen oder Wahlmöglichkeiten sollten angeboten werden. Barrierearme Sprache und Texte implizieren Verständlichkeit in Bezug auf Inhalt, Struktur, Aufbereitung sowie optische Darstellung und Vermittlung (Bosse, 2018, S. 839). Die individuellen Bedürfnisse und Fähigkeiten der Lernenden müssen berücksichtigt werden. Beispielsweise haben diverse Studien herausgefunden, dass das visuelle Arbeitsgedächtnis bei Lernenden mit Trisomie 21 besser ist als deren auditiv-verbales und dass sie daher Bilder oder Symbole leichter lesen können als Texte (u.a. Scholz et al., 2016, S. 458). Filme, Fotos und Symbole eignen sich deshalb als Alternativen für Gesprochenes oder Geschriebenes.

Da sich insbesondere die Prinzipien der Leichten Sprache, sowohl bei schriftlicher als auch bei verbaler Unterrichtskommunikation, als eine sinnvolle Alternative im Bildungsgang Geistige Entwicklung bewährt haben (Bosse, 2017b, S. 18), werden diese im Folgenden näher dargestellt.

### **7.2.1 Leichte Sprache**

Um Sprache zu vereinfachen, gibt es die sogenannte Leichte Sprache sowie die Einfache Sprache. Diese unterscheiden sich darin, dass es bei der Einfachen Sprache kein festes Regelwerk gibt. Einfache Sprache hat anders als gesprochene oder geschriebene, keine festen Regeln, sondern basiert auf Textreduktion und Definitionen von Fachbegriffen und Fremdwörtern (Scholz et al., 2016, S. 455). Der Gemeinsame Europäische Referenzrahmen für Sprachen (Trim et al.; 2001) siedelt Einfache Sprache aufgrund der Zielgruppe und Merkmale auf den Kompetenzstufen A2 bis B1 an (S. 74 f.), Leichte Sprache auf der Kompetenzstufe A1. Damit ist Einfache Sprache komplexer als Leichte Sprache.

Leichte Sprache richtet sich primär an Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen (Maaß, 2015, S. 15) und hat im Sinne der UN-BRK das Ziel, diesen Menschen Teilhabe an Gesellschaft und Politik zu ermöglichen (Kellermann, 2014, o.S.). Um sprachliche Komplexität bzw. Barrieren zu minimieren und dadurch Teilhabe zu erleichtern, waren Personen aus den Zielgruppen federführend an der Entwicklung der Leichten Sprache beteiligt. Darüber hinaus kennzeichnet Leichte Sprache, dass alle Texte von Betroffenen auf ihre Barrierefreiheit, d.h. Verständlichkeit, geprüft werden müssen.

Leichte Sprache ist jedoch keine eigene Sprache mit einem grammatikalischen System, sondern „ein Instrument der Adressatenorientierung und der Ermöglichung von Partizipation für spezifische, benachteiligte Personengruppen, die auf solche Kommunikationsformen angewiesen sind“ (Bock, 2015, S. 11). Darüber hinaus kann das Konzept der Leichten Sprache nicht als universal betrachtet werden, da die Fähig- und Schwierigkeiten von Menschen mit Lese- und Verständnisproblemen weit auseinanderdriften und von den Interessen der Lesenden abhängig sind (Winter, 2014, S. 53). Dennoch lassen sich bestimmte Merkmale zusammenfassen, sodass in diversen Handreichungen Regeln zu Leichter Sprache in Bezug auf Wort-, Satz-, Text- und Gestaltungsebene formuliert sind. Solche Regeln sind u.a. formuliert im *Huraki-Wörterbuch Leichte Sprache*, im *Wörterbuch von Menschen zuerst – Netzwerk People First Deutschland e.V.* oder in der *Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung (BITV 2.0)*. Dort gibt es jedoch weder theoretische Erläuterungen bzw. Herleitungen der Regeln noch empirische Belege.

Nach Maaß (2015) gelten die Regeln des Netzwerks Leichte Sprache trotzdem als Orientierungsrahmen (S. 26). Nach Noll et al., (2020) basieren die Regeln der Leichten Sprache auf Erkenntnissen der Lesbarkeits- und Verständlichkeitsforschung (S. 160). Diese beinhalten u.a., dass bekannte Wörter und kurze Sätze mit nur einer Aussage und einfachem Satzbau bevorzugt benutzt werden sollen. Des Weiteren sollen laut BMAS (2014) ein Satz möglichst nicht über eine Zeile gehen, eine serifenlose Schrift in mindestens 14. verwendet werden und der Zeilenabstand groß genug sein, um z.B. einen Finger oder Stift als Lesehilfe nutzen zu können (S. 2). Die Verwendung kurzer, einfacher Sätze kann zwar die Kohärenz bei bestimmten Textgattungen beeinflussen, nicht jedoch bei einzelnen Handlungsschritten (Noll et al., 2020, S. 160).

Trotz Verwendung von Leichter Sprache verbleiben bei Texten häufig Verständniskontexten für Menschen mit starken Leseproblemen, aber auch für diejenigen, die diese einfachen Texte lesen können. Bilder, Illustrationen und Symbole schlagen hier die Brücke zum Verständnis (Noll et al., 2020, S. 157; Bernasconi, 2007, S. 72). Diese Visualisierungen stellen in vielen Fällen einen fließenden Übergang zur Unterstützten Kommunikation (UK) dar (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 52). Daher haben Bilder, Illustrationen und Symbole für Menschen, denen es schwerfällt, selbst leicht lesbare Dokumente sinnentnehmend zu verstehen, nicht nur eine dekorative, sondern eine unterstützende Funktion beim Decodieren. Das Erlesen von Bildern bzw. Symbolen gilt als eigene Kompetenz und wird als *Erweiterter Lesebegriff* bezeichnet.

### **7.2.2 Erweiterter Lesebegriff**

Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung ist es häufig nicht oder nur partiell und unter großer Anstrengung möglich, die Kulturtechnik des Schriftlesens im Sinne der PISA-Studie

(vollständig) zu beherrschen. Nach Ratz (2013, S. 345) können mehr als ein Drittel der Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung keine Pseudowörter rekodieren bzw. verfügen über kein Leseverständnis auf Wort, Satz- und Textebene (S. 345). Diese Fähigkeiten gelten aber u.a. als eine Voraussetzung für die Beschaffung von Wissen bzw. Informationen und somit für gesellschaftliche Teilhabe. Nach Günthner (2000) gehört eine Lese- und Schreibfertigkeit „zu einer möglichst umfassenden Selbstständigkeit als Erwachsener“ (S. 10) und muss demzufolge allen Lernenden in der Schule vermittelt werden (Günthner, 2000, S. 11). Wichtig und damit zu berücksichtigen ist, „dass sich die Schülerinnen und Schüler auf unterschiedlichen Entwicklungsniveaus im Prozess des Schriftspracherwerbs befinden können“ (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 127 f.) und die Entwicklungsvielfalt, statt einer starken Fixierung auf normative Verläufe, erkenntnisleitend ist (Schäfer, 2009, S. 198).

Der Erweiterte Lesebegriff ist insbesondere für den Bildungsgang Geistige Entwicklung ein relevanter Ansatz, der „von einem erweiterten, sinnorientierten und nicht nur auf die Buchstaben-schrift beschränkten Verständnis von Lesen aus[geht]“ (Bernasconi, 2007, S. 69), bei dem „das Lesen von ikonischen und symbolischen Zeichen [dem Lesen der Alphabetschrift] entwicklungslogisch voran[ge]stellt“ (Kuhl et al., 2013, S. 183) ist. Der Ansatz ist auf Hublow zurückzuführen und legt die Annahme zugrunde, dass auch die Bedeutungsentnahme aus bildlich-symbolisch fixierter Information eine Form des Lesens darstellt. In diesem Sinne müssen visuell identifizierbare, konkrete, bildhafte, symbolhafte oder abstrakte Zeichen und Signale, für Gegenstände, Personen, Handlungen und/oder Situationen, als Träger verschiedener codierter Bedeutungen erkannt und decodiert, d.h. gelesen, werden (Hublow & Wohlgehaben, 1978, S. 26).

Hublow (1985) zufolge lässt sich das Lesenlernen vom Konkreten (Wahrnehmen und Deuten von Situation) zum Abstrakten (Schriftlesen) entwickeln und verfeinern und nach aufsteigender Komplexität des Lesens in eine Reihen- bzw. Stufenfolge unterteilen (S. 8 ff.). Die Stufen gehen ohne scharfe Abgrenzung ineinander über und haben „ihren eigenen, lebensbezogenen Wert, so daß [sic!] keine nur als bloße ‚Vorstufe‘ zum Lesen gesehen werden kann“ (Hublow, 1985, S. 6). Hublows Ansatz (1985) ist nach wie vor für den Schriftspracherwerb im Bildungsgang Geistige Entwicklung leitend (Dönges & Scholz, 2021, S. 15). Daher hat Günthner diese Unterteilung aufgegriffen und in Anlehnung an Hublow und Wohlgehaben (1978) sowie Hublow (1985) einen Leselehrgang für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung konzipiert (s. Abb. 20).



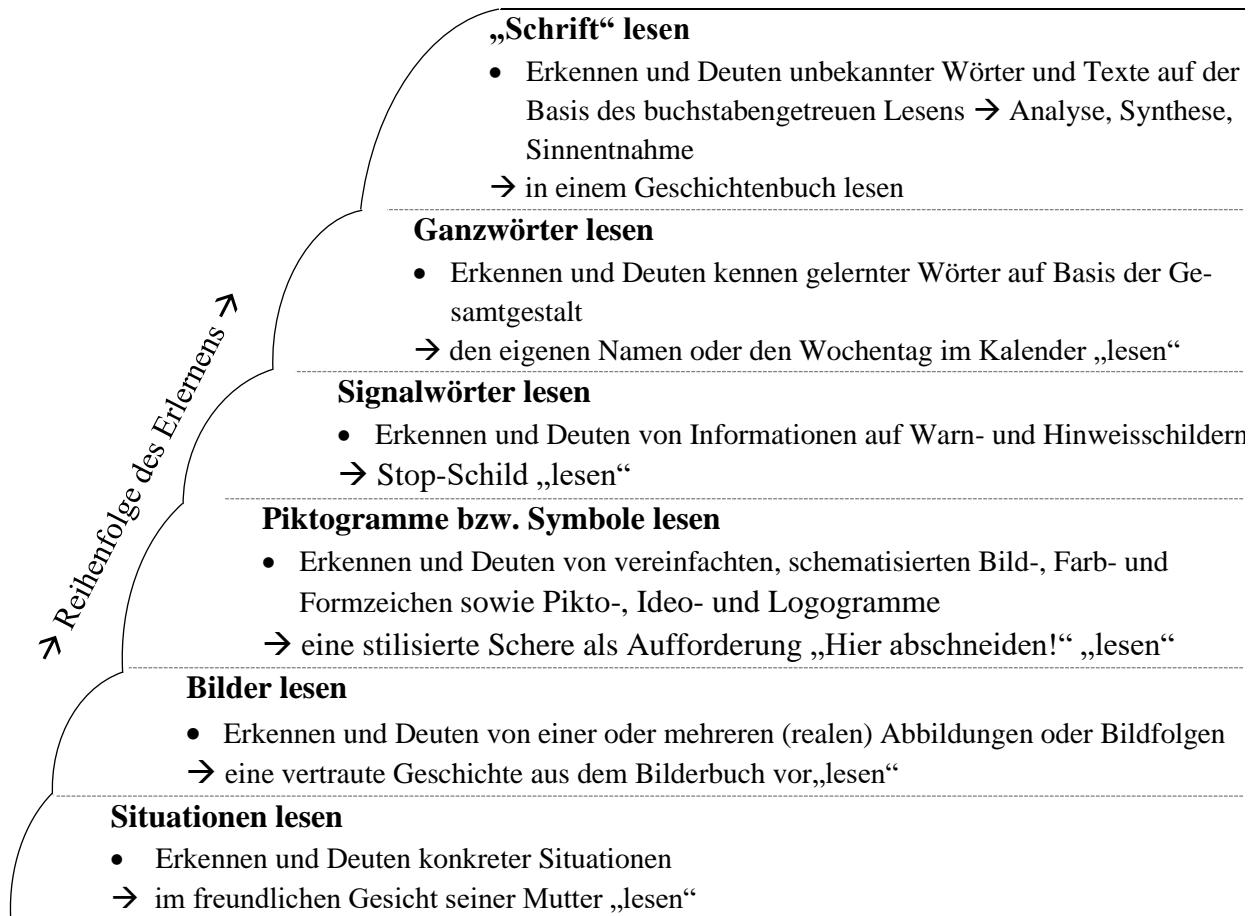


Abb. 20: Stufen des Leselehrgangs nach Günthner, 2000, S. 16 – eigene Darstellung

Die Stufen des Leselehrgangs werden unterteilt in: Lesen im weiteren und Lesen im engeren Sinne. Zum Lesen im engeren Sinne gehört das Lesen von Schrift, wozu das Rekodieren von Pseudowörtern und das Leseverständnis auf Wort-, Satz- und Textebene zählen. Beim Gießener Screening zur Erfassung der erweiterten Lesefähigkeit (GISC-EL) wird das Stufenmodell um Vorläuferfähigkeiten des Lesens im engeren Sinne, wie die Phonologische Bewusstheit (Silbensegmentation, Anlauterkennen) und die Buchstabenkenntnis, erweitert (Dönges & Scholz, 2021, S. 16). Hubblows Stufenmodell (1985) basiert auf einer aufsteigenden Komplexität des Lesens, bei dem Entwicklungsstufen durchlaufen werden. Dies wird für das Lesen im weiteren Sinne von Dönges (2007) kritisiert, da das Lesen von Bild-, Farb- und Formzeichen sowie von Pikto-, Ideo- und Logogrammen parallel zum Lesen im engeren Sinne genutzt wird und somit kein Zwischenstadium darstellt. Deshalb sollte „statt von hierarchischen Stufen [...] konsequent von gleichberechtigt nebeneinander bestehenden Leserarten die Rede sein, auf die Schüler gemäß ihren Möglichkeiten und den situativen Erfordernissen zurückgreifen können“ (S. 399 f.). Die erweiterten Lesearten eignen sich im Besonderen für Lernende, um die Stellvertreter-Funktion eines Zeichens zu verdeutlichen und somit ein ggf. „mangelndes Symbolbewusstsein“

(Günther, 1989, S. 24 ff.) gezielt zu schulen (Koch, 2008, S. 52). Das Erschließen einer weiteren Lesart ist jederzeit möglich und darf „unter keinen Umständen durch geschlossene Lehrgänge mit starren didaktischen Strukturen in einer äußeren Differenzierung (Kursraum) verhindert werden“ (Schäfer, 2009, S. 199).

Da die Lesekompetenz von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung sehr divers ist, sollten Informationen in einer Symbol- bzw. Bilderschrift dargeboten werden. Diese Art der Informationsdarbietung zählt zu den sprachsensiblen Vermittlungsmöglichkeiten, die im Folgenden näher beschrieben werden.

### 7.3 Sprachensible Vermittlung von Bildungsinhalten

Die Vermittlung von Bildungsinhalten muss unabhängig von der jeweiligen Lesekompetenz funktionieren, indem mehrere der oben beschriebenen Lesarten gleichzeitig ermöglicht werden. Dazu sollten die Informationen sinnvoll strukturiert und organisiert sowie durch visuelle (z.B. Piktogramme und Fotos) und sprachliche (z.B. Leichte Sprache) Maßnahmen an die Bedürfnisse der Lernenden angepasst sein (Noll et al., 2020, S. 159 f.).

Für die Verwendung visueller Maßnahmen unterscheiden Poncelas und Murphy (2007) drei Varianten (S. 467):



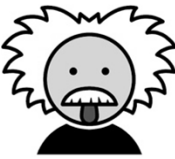

- functional symbol → eine visuelle Maßnahme für ausschließlich ein Wort bzw. einen Satz
- keyword symbols → visuelle Maßnahmen für Schlüsselwörter
- symbol reading → visuelle Maßnahmen für jedes Wort

Grammatische Strukturen werden bei der zweiten Variante (keyword symbols) nicht abgebildet, ein wesentlicher Unterschied zu einer Symbol- bzw. Bilderschrift (Scholz et al., 2016, S. 458). Bei allen drei Varianten muss beachtet werden, dass visuelle Maßnahmen direkt neben den zu illustrierenden Texten platziert werden.

Metaanalysen von empirischen Studien empirisch belegen, dass der Wissens- und Erinnerungsgewinn aus Texten bei einer Kombination von Text und optischen Maßnahmen deutlich höher ist (Weidemann, 2002, S. 50). Dies ist unabhängig von der Textsorte, der visuellen Maßnahme und den Lernenden. Zu Voraussetzungen für einen zielführenden Einsatz zählen u.a. eine adäquate Darstellung (Größe, Farbe, Auflösung etc.) sowie das Verständnis der visuellen Bedeutung, der Kenntnis des realen Vertreters und die Fähigkeit, beides miteinander zu verbinden (Dönges & Scholz, 2021, S. 18; Scholz et al., 2016, S. 458 f.).

Ein Großteil der Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung kann *visual literacy* erlernen, d.h. „die Fähigkeit, sich mit Hilfe konventionalisierter Zeichen, wie beispielsweise Bildern, Piktogrammen und Symbolen, systematisch in der Umwelt zu orientieren“ (Kuhl et al., 2013, S. 184). Zu beachten ist, dass die konkrete Gestaltung einer visuellen Maßnahme, ein allgemeiner Abstraktionsgrad sowie die individuellen Kenntnisse der Lernenden zu den entscheidenden Faktoren beim sinnentnehmenden Lesen im weiteren Sinne zählen (Dönges & Scholz, 2021, S. 19 f.). Piktogramme stellen entweder einen Begriff, eine Einzelaussage oder eine Handlung dar und lassen sich in der Theorie in transparente, transluzente, opake und abstrakte Piktogramme untergliedern (Dönges & Scholz, 2021, S. 17). In der Praxis ergeben sich Überschneidungen. Transparente und transluzente Piktogramme lassen sich i.d.R. leicht decodieren, wohingegen die anderen gelernt werden müssen oder Wissen voraussetzen. Beispielsweise muss beim opaken Piktogramm ‚Genie‘ Albert Einstein als Person sowie eine typische Abbildung von ihm bekannt sein, um die Logik dahinter zu verstehen. Auch beim abstrakten Piktogramm ‚Play‘ muss gelernt sein, dass dies durch ein Dreieck verkörpert wird (s. Tab. 10). Transparente Piktogramme unterstützen am besten, wenn sie möglichst stark mit der Realität übereinstimmen (Noll et al., 2020, S. 162). Jedoch sind viele transparente Piktogramme in der für den Bildungsgang Geistige Entwicklung gängigen Sammlung Metacom (Kitzinger, 2022) nicht vorhanden.

Tab. 10: Abstraktionsgrad von Symbolsystemen in Anlehnung an Detheridge & Detheridge, 2002 – eigene Darstellung

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| transparent<br>[Lupe]   | transluzent<br>[leicht & schwer]  | opak<br>[Genie]  | abstrakt<br>[Play]  |

Auch Fotos sind als Abbildungen der realen Welt für einige Lernende hilfreich beim Leseverständnis, da deren Decodierung weniger Cognitive Load in Anspruch nimmt als z.B. Symbole oder Piktogramme (Noll et al., 2020, S. 182; Scholz et al., 2016, S. 459). Eine Verknüpfung von Fotos und Text kann, laut einer Studie von Hurtado et al. (2014, S. 825), das sinnentnehmende Lesen fördern. Darüber hinaus können Fotos einen ganzen Satz bzw. Arbeitsschritt wie ‚Stelle den Motor neben die Schale‘ abbilden. Sie stellen dabei keine Redundanz dar, sondern können weitere Hinweise liefern, z.B. wie genau der Motor zur Schale positioniert sein soll,

ohne es langatmig zu beschreiben (Noll et al., 2020, S. 183). Nichtsdestotrotz können Fotos missverstanden werden und keine dynamischen Arbeitsvorgänge darstellen (Scholz et al., 2016, S. 459). Videos bzw. Videoanleitungen können diesem Defizit begegnen und die konkrete Ausführung von Handlungen visualisieren. Scholz et al. (2016) weisen auf einen positiven Effekt hin, wenn es für jeden einzelnen Schritt ein Video gibt und die Lernenden die Möglichkeit haben, das Video anzuhalten, erneut zu betrachten oder im Video zu spulen (S. 460).

Da optische Maßnahmen wie Symbole, Piktogramme und Bilder wichtige Informationen vermitteln, wird deutlich, warum der Erweiterte Lesebegriff Lesearten unterhalb alphabetischer und orthografischer Lesefertigkeiten als Lesen im weiteren Sinne versteht. Insbesondere visuelle, audio- und audiovisuelle Maßnahmen können für Lernende mit geringer Lesekompetenz im engeren Sinne Texte erst zugänglich machen bzw. diese barrierearmer gestalten (Dönges & Scholz, 2021, S. 20). Für diese multimediale Gestaltung eignen sich Technologien, um den unterschiedlichen Möglichkeiten der Lernenden und deren verschiedenen Bedürfnissen beim Lesen zu begegnen (s. 8).

Für den Unterricht von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung bedeutet dies zweierlei: Einerseits können über die ganze Schulzeit geeignete Leselehrgänge aufgebaut und durchgeführt werden, bei denen sie in jeder Leseart passende, anwendbare und motivierende Ergebnisse erzielen, da sie jeweils den Inhalt auffassen und dessen Sinn verstehen können (Hublow, 1985, S. 5.). Andererseits müssen jedem Lernenden – seiner jeweiligen Lesefertigkeit entsprechend – individuelle Möglichkeiten und Medien zum Lesen angeboten werden „ganz gleich, welches Entwicklungsniveau und Lebensalter er erreicht hat, ob er sprechen kann oder nicht“ (Hublow, 1985, S. 7). Daher muss der Diversität in Bezug auf die Lernvoraussetzungen zum Lesen und Schreiben z.B. durch eine individuelle (Lese-)Förderung mit Texten in Leichter Sprache oder visuelle Maßnahmen (Icons, Symbole bzw. Bilder) begegnet werden (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 128). Das ist nicht in allen Fällen möglich, da Schrift erlaubt, sehr komplexe sprachliche Gedankengänge und Zusammenhänge festzuhalten und zu transportieren, die durch Leichte Sprache oder optische Zeichen nicht immer dargestellt werden können.

Dennoch kann und sollte Leseförderung in jedem Unterricht, somit auch im Fach Physik, stattfinden sowie einen konkreten Lebensweltbezug haben, damit Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung besser sinnentnehmendes Lesen üben, an Bildungsinhalten und Kultur partizipieren sowie möglichst selbstständig in der Gesellschaft zurechtkommen können.

## 7.4 Sprachsensibler Physikunterricht

Sprachliche Barrieren können selbstständiges Experimentieren verhindern, da z.B. rein textbasierte Aufgabenstellungen und Handlungsschritte aufgrund semantischer und syntaktischer Komplexität, Informationsfülle und -dichte oder unbekannter Begriffe von Lernenden nicht erschlossen werden können. Um naturwissenschaftliche Phänomene zu beobachten, zu versuchen, diese zu erklären und so auf Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten zu stoßen, werden zunächst keine Sprach-, Sprech- und Lesekompetenzen benötigt (Scholz et al., 2016, S. 456). Damit alle Lernenden daran teilhaben können, muss der Zugang barrierearmer gestaltet werden, d.h. unabhängig von Kompetenzen. Wocken (2011) fordert, dass alle Lernmaterialien und -medien in Bezug auf Sprachsensibilität zwingend kontrolliert werden müssen (S. 127). Dies impliziert keinen Verzicht auf einen hohen sprachlichen Anspruch, sondern lediglich ein Potpourri an Alternativen. Nach Scholz et al. (2016) fehlen eine diesbezügliche Zusammenstellung und Systematisierung für das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht (S. 456). Für den Physikunterricht betonen Leisen (2011, S. 8) und Scholz (2015, S. 122), dass sprachliche Vereinfachungen, Bebilderungen und Symbole insbesondere bei den schriftlichen Versuchsanleitungen und Ergebnisdokumentationen eine wichtige Rolle spielen. Um Verständnisbarrieren zu reduzieren, soll eine „Kombination von Realfotos und Symbolen einfacher Symbolsammlungen wie Metacom“ (Scholz, 2015, S. 122 f.) bei der Gestaltung verwendet werden. Wiederkehrende Symbole können zur Orientierung und Strukturierung von Experimentieranleitungen und Dokumentationen genutzt werden. Zur Dokumentation von Versuchsergebnissen können Fotos und/oder Video- sowie Audioaufnahmen, Diktiermöglichkeiten, vorgegebene schriftliche und/oder visuell dargestellte Antworten Barrieren reduzieren. Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung können so, je nach individueller Sprach-, Sprech- und Lesekompetenz, den jeweils passenden Zugang nutzen und somit optimaler am Physikunterricht partizipieren.

In der Symbolsammlung Metacom existieren, genau wie in PCS und ScleraSymbols, jedoch kaum Piktogramme von naturwissenschaftlichen Begriffen, Materialien und Gegenständen. Somit müssen in der Praxis Symbole entweder sehr zeitaufwendig selbst erstellt oder nicht ganz passende (Messbecher, Glas oder Becher für Becherglas) verwendet sowie Fotos eingesetzt werden. Diese visuellen Maßnahmen können, wenn sie sehr unterschiedlich gestaltet sind, eine Barriere darstellen (Scholz et al., 2016, S. 460). Daher sollte ggf. nur Leichte Sprache eingesetzt werden, was „signifikant mehr Lerngelegenheiten eröffnet“ (Noll et al., 2020, S. 184). Es muss

kritisch geprüft werden, welche Fachbegriffe sich durch bekannte Wörter ersetzen lassen und welche für die Versuchsanleitung zwingend erforderlich sind (Scholz et al., 2016, S. 456 f.). Sowohl Wiesner et al. (2013, S. 118) als auch Girwidz (2015a, S. 212 f.) verweisen auf die Merkmalskomplexe von Langner et al. (1993), die neben Leichter Sprache leicht verständliche Texte charakterisieren (s. Tab. 11):

Tab. 11: Charakterisierende Merkmalskomplexe für leicht verständliche Texte – eigene Darstellung

| <b>Merkmal</b>       | <b>Beschreibung</b>   |
|----------------------|---|
| Einfachheit          | Geläufige und anschauliche Ausdrücke kommen in kurzen, einfachen Sätzen vor.  |
| Gliederung – Ordnung | Zu berücksichtigen sind äußere (Überschriften, Abschnitte, Hervorhebungen) und innere Ordnung. Letztere beinhaltet, dass Informationen in sinnvoller Abfolge erscheinen.<br>Zusätzlich können Vor- oder Zwischenbemerkungen die inhaltliche Gliederung verdeutlichen. |
| Kürze – Prägnanz     | Positiv sind Knappheit und hohe Informationsdichte ohne leere Phrasen und Weitschweifigkeiten.  |
| Anregende Zustände   | Dazu gehören Beispiele, Einbettung einer Aussage in eine Episode, direkte Rede, Humor, Spannung.  |

Darüber hinaus eignen sich „Fettdruck, Unterstreichungen oder Farbe [...] als Organisations- und Verarbeitungshilfe“ (Girwidz, 2015a, S. 214) sowie weitere Unterstützungsmaßnahmen beim Lesen von Texten, wie z.B. Wortlisten, -erklärungen, Filmleisten, Bildergeschichten und Satzmuster (Leisen, 2005c, S. 17; Leisen, 2005d, S. 21). Die Handlungsschritte sowie der Ablauf eines Experiments lassen sich in Teilschritten hintereinander (ein Schritt pro Seite) wie in einem Kalender darstellen, um Lernenden durch diese Textstrukturierung das selbstständige Experimentieren zu erleichtern. Alternativ können die Schritte mit abwechselnden Farben hinterlegt, durchnummeriert und mit Kästchen zum Abhaken versehen werden (Dechant et al., 2018, S. 12). Darüber hinaus sollten Quantitäten (Mengen, Stärken oder Zeiten), die für das Gelingen eines Experiments elementar sind, anders eindeutig dargestellt werden, da Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung der Zahlenraum ggf. nicht vertraut ist. Statt 100 ml abzumessen, können sie die Flüssigkeit bis zu einer farbigen Markierung einfüllen. Es bietet sich zudem an, die Ausgangssituation und den Endzustand der Handlungen in Abbildungen darzustellen (Scholz et al., 2016, S. 458). Alternativ können Videos genutzt werden. Auch sie

sollten das Start- und Schlussbild, die Ausgangssituation bzw. den Endzustand zeigen, damit die Flüchtigkeit und die damit verbundene Notwendigkeit, sich das Gesehene zu merken, keine Barriere darstellt. Dadurch können die Lernenden ihre Handlungen direkt mit dem Video abgleichen, was immer noch kognitiv anspruchsvoll sein kann (Dechant et al, 2018, S. 20). Im Sinne der CLT ist es günstig, Abbildung und Videos aus der Sicht der handelnden Person aufzunehmen, um keine Irritationen oder sogar Barrieren aufgrund unterschiedlicher Perspektiven hervorzurufen (Scholz et al., 2016, S. 459 f.).

Um sprachliche Barrieren im Physikunterricht zu minimieren und selbstständiges Experimentieren für alle Lernenden zu ermöglichen, sollten die textbasierten Aufgabenstellungen und Handlungsschritte mit Text- bzw. Schriftunterstützungen, -reduktionen und -alternativen gestaltet werden.

## 7.5 Schlussfolgerung: Sprachensible Gestaltungsprinzipien

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, dass Sprachsensibilität und insbesondere eine barrierearme (Schrift-)Sprache allen Lernenden hilft, auch denjenigen, die ausschließlich über Lesekompetenzen im weiteren Sinne verfügen. Sie erleichtert die Umsetzung von Handlungsanweisungen und hilft beim Verständnis sowie bei der Umsetzung (physikalischer) Bildungsinhalte. So profitieren alle Lernenden bei unbekanntem Inhalt, wie beispielsweise den Versuchsaufbauten, durch visuelle Maßnahmen oder durch den Gebrauch ihrer Alltagssprache, um z.B. Vorstellungen physikalischer Konzepte (weiter-)entwickeln zu können (Rincke & Leisen, 2015, S. 654). Durch diese Maßnahmen haben Lernende die Möglichkeit, eigenständig Versuche durchzuführen und sich auch die dahinterliegenden Phänomene und Gesetzmäßigkeiten zu erschließen. Teilhabe im (Physik-)Unterricht hängt somit u.a. maßgeblich von der didaktischen Gestaltung, Aufbereitung und dem Einsatz der (Schrift-)Sprache ab.

Da die Bedürfnisse der Lernenden hinsichtlich der (Schrift-)Sprache sehr individuell sind (Bosse, 2017a, S. 140), müssen sprachensible Gestaltungsprinzipien adaptierbar sein. Mit den bereits herausgearbeiteten Gestaltungsprinzipien sollten folgende sprachensible bei der Entwicklung der geplanten Intervention verknüpft werden:



vereinfachte Sprache wie Vermeidung unnötiger (unbekannter) Fachbegriffe



Layout (Schriftart, Schriftgröße, Zeilenabstand, Kontraste)



Schrift- & Textunterstützung



Schrift- & Textalternativen

---



Kennzeichnung von wesentlichen Informationen (Signalisierung)

---



geringe Informationsfülle und -dichte

---



Animismen & Anthropomorphismen

---



Mnemotechniken

Laut der UN-BRK soll Teilhabe an Bildung nicht nur mithilfe eines Universellen Designs und einer Barrierarmut, wie z.B. bei der Sprache, sondern auch durch den Einsatz von (Assistiven) Technologien realisiert werden. Für Bühler (2016) müssen diese adäquat miteinander kombiniert werden, damit diesem „Anspruch ansatzweise gerecht werden kann“ (S. 155). Da auch Technologien des Alltags, wie z.B. ein Tablet, das Potenzial haben, den individuellen Bedürfnissen der Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung stigmatisierungsfrei zu begegnen, widmet sich das nächste Kapitel technischen und medialen Produkten.



*»The real limitation isn't the capacity of our individual brains but that of the media we have used to get past our brains' limitations.«*

*(David Weinberger)*

---

## **8 Tablets als Teilhabekatalysator**

In der UN-BK wird zur Umsetzung der vollen und gleichberechtigten Teilhabe für alle auf die Verwendung von Technologien verwiesen (Artikel 4, S. 10; Artikel 13, S. 13). Da mit diesen im Sinne des Universal Design (Artikel 2, S. 8) synergetisch subtile individuelle Optionen möglich sind, eignen sie sich, um die Anforderungen der UN-BRK umzusetzen. Auch Wember (2013) betont, dass ein systematischer Einsatz und Gebrauch von adaptierten Lehr- und Lernmaterialien eine weitere maßgebliche Gelingensbedingung sei (S. 380). Technologien haben nicht nur das Potenzial, (Lern-)Situationen barrierearmer zu gestalten, sondern können individuelle Bedürfnisse berücksichtigen sowie Ressourcen nutzen und so Teilhabe erst ermöglichen. Die Umsetzung von UDL und/oder der Einsatz von Technologien im Unterricht ermöglichen jedoch nicht per se Teilhabe für alle Lernenden. Beides muss unbedingt in adäquate Lehr-Lern-Arrangements eingebettet sein (Stadermann & Schulz-Zander, 2012, S. 52).

Daher werden in diesem Kapitel zunächst Medien als Ermöglichungsoption von Teilhabe sowie die besondere Eignung von Tablets dargestellt. Danach wird auf deren spezifische Bedeutung für den Physikunterricht und den Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung eingegangen. Am Ende werden Gestaltungsprinzipien für Tablets als Unterrichtsmedien abgeleitet, mit denen Teilhabe am physikalischen Experimentieren für die Lernenden optimiert werden kann.

### **8.1 Teilhabe im Unterricht durch Medien**

Laut Bertelsmann-Stiftung (2015) erhält in den letzten Jahren folgende Frage neue Aktualität: Wie Medien können – angesichts der zunehmenden Heterogenität von Lernenden – durch Individualisierung und Differenzierung zu Teilhabe im Unterricht beitragen (Schaumburg & Prasse, 2019, S. 191)? Eine Teilhabemöglichkeit für alle kann nur realisiert werden, wenn der Diversität der Lernenden durch geeignete fachdidaktische Ansätze und personenspezifische Materialien begegnet wird. Die Informationen, aber auch die Medien selbst, sollten quantitativ und/oder qualitativ differenziert gestaltet sein, um den gestuften Anforderungen der Lernenden auf unterschiedlichen Leistungsniveaus gerecht zu werden (von Martial & Ladenthin 2002, S. 58). Im Vergleich zu klassischen bieten insbesondere digitale Medien erweiterte Möglich-

keiten, gleichberechtigte Teilhabe im Unterricht zu verwirklichen. Dank ihrer Adaptivität, Heterogenität und Multimodalität können spezifische Barrieren reduziert und individuelle Bedürfnisse berücksichtigt werden, sodass Lernende für ihren Lernprozess Eigenverantwortung übernehmen können. Durch die Nutzung digitaler Werkzeuge, wie individueller multimedialer Zugänge zu Lerninhalten oder den Wechsel zwischen verschiedenen Darstellungsformen, zielt ein Unterricht mit digitalen Medien nicht ausschließlich „auf das fachliche Lernen, sondern ebenfalls auf den Erwerb von Medienkompetenz und Kompetenzen des selbst organisierten Lernens ab“ (Schaumburg & Prasse, 2019, S. 197), wodurch die Eigenverantwortung gefördert wird. Diese Kompetenzen sind in zahlreichen sich stetig wandelnden Lebens- und zukünftigen Arbeitsbereichen aller Lernenden elementar. Dies muss im Unterricht berücksichtigt werden, weil es integraler Bestandteil des Bildungsauftrags ist, Lernende angemessen zu unterstützen, am derzeitigen und künftigen Leben in der Gesellschaft teilzuhaben. Die Umsetzung ist integrativer Teil der jeweiligen Fachcurricula (KMK, 2016, S. 12). Bosse (2017a) weist darauf hin, dass Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung diese Kompetenzen nicht selbst erlernen wie „digital natives“ ohne Beeinträchtigung, da ihre Reflexionsfähigkeit i.d.R. weniger ausgeprägt ist (S. 59).

Auch eine Studie der Aktion Mensch (2010) stellt fest, dass insbesondere Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen häufig vom Erwerb dieser Kompetenzen ausgeschlossen sind (S. 59 f.). Für sie ist dies von besonderer Relevanz, da Technologien nicht nur Bestandteil zahlreicher Lebens- und Arbeitsbereiche sind, sondern gleichzeitig spezielle Möglichkeiten eröffnen, Barrieren im Alltag und beim Wissenserwerb besser zu bewältigen. Darüber hinaus können Medien als Hilfsmittel dienen und durch Individualisierung und Personalisierung des Lernens sowie durch eine kompetente und selbstständige Handhabung Teilhabe ermöglichen (Bosse, 2017a, S. 12 f.). Als weiteres Potenzial digitaler Medien gilt die Förderung von Selbstwirksamkeit, d.h. die Förderung der Persönlichkeitsentwicklung. Selbstwirksamkeit wird als die „subjektive Gewissheit, neue oder schwierige Anforderungssituationen auf Grund eigener Kompetenz bewältigen zu können“ (Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35) verstanden.

Für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung wird oft hervorgehoben, „dass ein kompetenter Umgang mit Medien das Selbstbild und die Selbstsicherheit von Menschen mit geistiger Behinderung unterstütze“ (Bosse, 2012, S. 438). Aufgrund selbstständiger Handlungsbefähigung können Lernende eigene Stärken, unbekannte Fähig- und Fertigkeiten sowie neue Handlungs-, Kommunikations- und Erfahrungsräume entdecken, erleben und entfalten (Bosse et al., 2012, S. 30), kreativ schöpferisch sein (KMK, 2016, S. 8) und zu einer Mitarbeit im Unterricht motiviert werden (Bosse, 2013, S. 30).

Durch den Einsatz von Mainstreamtechnologien wird nach Dirks und Linke (2019) eine Stigmatisierung durch auffällige und suboptimal gestaltete Hilfsmittel vermieden (S. 250). Sie sind nicht selten sogar günstiger als viele herkömmliche Hilfsmittel (Bosse, 2017a, S. 33; Cumming & Draper Rodríguez, 2017, S. 165). Gleichzeitig müssen sich die Lernenden nicht mehr ausschließlich an das Medium anpassen, sondern das Medium kann an ihre Bedürfnisse angepasst werden. Die Nutzung von Alltagstechnologien im Unterricht, wie mobiler Endgeräte, folgt darüber hinaus der pädagogischen Auffassung, an die aktuelle Lebenswelt der Lernenden anzuknüpfen, da im Unterricht Tablets im Vergleich zu interaktiven Whiteboards oder Laptops „näher an den Jugendlichen und damit an der Lebenswelt der Schüler/innen [...] sind“ (Mayrberger, 2014, S. 5). Hinzu kommt, dass Tablets handlich, mobil und flexibel einsetzbar sowie medienkonvergent sind. Medienkonvergenz bedeutet, mehrere Tools, wie Kamera oder Bearbeitungssoftware sind in einem Gerät integriert (S. 10), wodurch sie Bühlers Prinzip der Zugänglichkeit im Sinne eines Universal Design entsprechen (s. 6.1). Darüber hinaus sind digitale Medien „zum einen vielfältig in ihrem Einsatzbereich und zum anderen transformationsfähig, was heißt, dass Inhalte eines Mediums auch auf andere Medien übertragen werden können“ (Michna, et al., 2016, S. 290).

Daher eröffnen digitale Medien das Potenzial, dass Lernende an einem gemeinsamen Lerngegenstand arbeiten. Bildungsinhalte können barrierearm gestaltet, multimediale Zugänge angeboten und durch Lernende bzw. an deren Lern- und Bedienvoraussetzungen adaptiert werden. Aufgrund remedialer bzw. kompensatorischer Fördermöglichkeiten, einem nicht zu unterschätzenden „Coolnessfaktor“ (Bruun et al., 2016, S. 5) und der im Gerät beinhalteten technischen Möglichkeiten, werden Tablets teilweise als sogenanntes „Schweizer Taschenmesser“ für Teilhabe gesehen (Bosse, 2017a, S. 32).

Karsenti und Fievez (2013) haben aus über 350 Studien 16 zentrale Ergebnisse über den Effekt von Tablets im Unterricht extrahiert „Significant benefits for students with learning problems“ (S. 6) ist z.B. einer davon. Mayrberger (2014) betont, dass „die Vergabe von Tablets [...] nicht automatisch“ (S. 6) Teilhabe der Lernenden im Unterricht erhöht. Studienergebnisse belegen aber, dass „insgesamt [...] von einem Erfolg der Tablets in Schule und Unterricht gesprochen werden“ (Aufenanger, 2017, S. 119) kann. Insbesondere durch selbstständiges Handeln mit den Technologien steigern sich nach Fisseler (2012) die Teilhabemöglichkeiten für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung (S. 89). Das iPad™ ist weltweit mit über 75% das am meisten verwendete Tablet in der Schule (Karsenti & Fievez, 2013, S. 3), was sich auch durch die Verwendung in Studien und dadurch in den weiteren Ausführungen widerspiegelt. Deshalb

soll im Folgenden auf die Gestaltung von Bildungsinhalten mit digitalen Medien und den Einsatz von Tablets im Physikunterricht sowie im Bildungsgang Geistige Entwicklung eingegangen werden.

## 8.2 Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht

In einer Metastudie zum Thema ‚Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe‘ „wurden [79] Einzelstudien seit dem Jahr 2000 zum Einsatz digitaler Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht recherchiert und die Daten für die Analyse aufbereitet“ (Zentrum für Internationale Vergleichsstudien [ZIB], 2017, S. 5). Es hat sich gezeigt, „dass der Einsatz digitaler Unterrichtsmedien über alle untersuchten Unterrichtsfächer Mathematik, Physik, Biologie und Chemie hinweg insgesamt als gewinnbringend bezeichnet werden kann“ (ZIB, 2017, S. 9). Lernende profitieren demnach am stärksten von digitalen Medien, wenn sie an der richtigen Stelle ergänzend verwendet werden, d.h. den klassischen Unterricht sowie die traditionellen Unterrichtsmaterialien nicht vollständig ersetzen, sondern damit gemixt werden (ZIB, 2017, S. 11).

*„Aus pädagogischer und lernpsychologischer Sicht sind vor allem Multimedialität (Integration verschiedener Sinnesbereiche), Multicodierung (Darstellung in verschiedenen Codesystemen) und die Interaktivität interessant [..., um] die emotionale Anteilnahme an Handlungen sowie die Kausalattribution und [...] vor allem eine tiefer gehende Elaboration der Inhalte“ (Girwidz, 2015b, S. 405) anzuregen.*

Gleichzeitig werden verschiedene Lerntypen adäquater angesprochen sowie individuellen Lernwegen und unterschiedlichen Lerntempi im Vergleich zu analogen Medien leichter und besser begegnet. Dies kann in Form sogenannter Multitouch-Experiment-Instructions (MEI) umgesetzt werden, d.h. durch medial angereicherte Experimentieranleitung (Probst et al., 2020, S. 5). Das wiederum fördert bzw. realisiert ggf. erst das eigenständige Forschende Lernen (Stadermann & Schulz-Zander, 2012, S. 53).

Der Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht erleichtert die Berücksichtigung individueller Leistungen und Voraussetzungen der Lernenden, da er Möglichkeiten zur Differenzierung und somit zur Teilhabe bietet (ZIB, 2017, S. 20). Videos und weitere adaptive Hilfen können als Tutorial zum Versuchsaufbau oder zur Durchführung bereitgestellt oder von den Lernenden statt eines herkömmlichen Versuchsprotokolls zur Dokumentation und Präsentation genutzt werden. In der Metastudie zeigen Analysen, dass die positiven Effekte auf die

Lernleistung höher sind, wenn Lernprogramme adaptiv sind. Im Vergleich dazu weisen Programme, wie Hypermediasysteme, die i.d.R. als Nachschlagewerke ohne konkretes Lernziel eingesetzt werden, geringere positive Effekte auf (ZIB, 2017, S. 24). Darüber hinaus belegt die Metastudie, dass selbst sehr gut gestaltete adaptive digitale Lernmaterialien die Lehrkraft nicht ersetzen, da Lernende „stärker vom Einsatz digitaler Medien profitieren, wenn sie bei der Verwendung des Mediums zusätzlich Unterstützung durch die Lehrkraft erhalten“ (ZIB, 2017, S. 16).

„Die gewonnenen Erkenntnisse [der Metastudie] können auf den gesamten Sekundarschulbereich angewendet werden, Förderschulen wurden jedoch nicht betrachtet“ (ZIB, 2017, S. 5). Nichtsdestotrotz zeigen die empirisch fundierten Ergebnisse der Metastudie konkrete Richtungen auf, wie digitale Medien eine wertvolle Unterstützung darstellen können, um Teilhabe im Physikunterricht für alle Lernenden zu realisieren. Außerdem geben sie Hinweise auf noch offene Fragen für zukünftige Studien: „Fest steht, dass digitale Medien in jedem Fall an die individuellen Voraussetzungen der Lernenden angepasst und auf entsprechende Lerninhalte abgestimmt in den Unterricht integriert werden müssen“ (ZIB, 2017, S. 27).

Die Metastudie kann aufgrund der zahlreich zur Verfügung stehenden unterschiedlichen digitalen Medien und Materialien keine allgemeingültigen Aussagen liefern, wie diese im Unterricht gewinnbringend eingesetzt werden können (ZIB, 2017, S. 26). Nach Kuhn et al. (2015) können insbesondere Tablets als Experimentiermittel den naturwissenschaftlichen Unterricht bereichern (S. 4) und somit Teilhabemöglichkeiten für alle Lernenden erhöhen. Sie eignen sich im naturwissenschaftlichen Unterricht zum Experimentieren mit Simulation, zum Experimentieren und Messen mit externen und internen Sensoren einschließlich der Videoanalyse von Bewegung mithilfe der integrierten Kamera (Wilhelm & Bresges, 2014, S. 4). Aufgrund der eingebauten Sensoren in iPads™ bieten speziell diese, zahlreiche Möglichkeiten viele naturwissenschaftliche Phänomene zu beobachten, zu messen, auszuwerten (Bresges, 2015, S. 8) und „unübersichtliche Versuchsaapparaturen zu ersetzen“ (Kuhn et al., 2015, S. 5). Mithilfe von Apps lassen sich die erfassten Daten auslesen, „sodass damit besonders im Physikunterricht sowohl qualitative als auch quantitative Experimente in vielfältigen Themenbereichen möglich sind“ (Kuhn et al., 2015, S. 4 f.) und den Bedürfnissen der Lernenden begegnet werden kann. Nach Nerdel (2017) eignen sich Tablets neben Messgeräten auch als „Taschenrechner, Zeichen- und Schreibblock und können mit ihren vielfältigen integrierten Funktionen und Apps auch den experimentellen Erkenntnisprozess unterstützen“ (S. 209). Insbesondere beim For-

schenden Lernen können sie eingesetzt werden (KMK, 2016, S. 49) bzw. die Teilhabe daran erst ermöglichen.

Neben dem experimentellen Einsatz im Physikunterricht ist die Verwendung von Tablets auch aus fachdidaktischen und lernpsychologischen Gründen sinnvoll. Kuhn (2014) betont, dass Lernende beim Experimentieren und Lernen mit Tablets motivierter sind, weil diese Geräte einen Lebensweltbezug mit sich bringen (S. 17). Dies ist eine wichtige Grundvoraussetzung beispielsweise für das Situierte Lernen oder den kontextbasierten naturwissenschaftlichen Unterricht (Context Based Science Education) (Kuhn, 2018, S. 11). Darüber hinaus ermöglichen Tablets ein selbstständig(er)es Experimentieren (Klein et al., 2017, S. 329), d.h. ein Teilhaben, wodurch Lernende im Sinne von Deci und Ryan (2000) ein verstärktes Autonomieerleben erfahren und eine größere Selbstwirksamkeitserwartung erhalten (Kuhn et al., 2015, S. 5). Für eine gleichberechtigte Teilhabe müssen noch (weitere) fachspezifische Konzepte für alle Lernenden entwickelt, implementiert und theoriebasiert reflektiert werden. Dies kann auch eine Differenzierung aufgrund zielgruppenspezifischer oder individueller Berücksichtigungen beinhalten (Bosse, 2013, S. 30). Daher wird im Folgenden der Einsatz von digitalen Medien im Bildungsgang Geistige Entwicklung näher betrachtet.

### **8.3 Einsatz digitaler Medien im Bildungsgang Geistige Entwicklung**

Selbst umfassende internationale Studien, wie z.B. die International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IAE) oder Computer and Information Literacy (CIL), berücksichtigen Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung nicht (Bosse, 2012, S. 436). Daher liegen bislang nur wenige Daten zur Mediennutzung dieser Klientel vor. Neben den kaum vorhandenen quantitativen oder repräsentativen Ergebnissen wird der Bildungsgang Geistige Entwicklung weder in den KMK-Beschlüssen *Medienbildung in der Schule* (KMK, 2012) und *Bildung in der digitalen Welt* (KMK, 2016) noch in dem überarbeiteten *Medienkompetenzrahmen NRW* (Medienberatung NRW, 2018) erwähnt. Obwohl die Forschungsbasis zum Einsatz digitaler Medien im Bildungsgang Geistige Entwicklung noch relativ jung ist, bieten die integrierte Flexibilität dieser Geräte und die damit verbundenen Anwendungen ein großes Potenzial und haben den Einsatz mobiler Technologien im Unterricht beschleunigt (Cumming & Draper Rodríguez, 2017, S. 164). Wahl und Widecke (2015) konnten in einer ersten explorativen Erhebung feststellen, dass Tablets im Unterricht an Förderschulen in allen Alters- und Klassenstufen im Unterricht eingesetzt werden (S. 203).

Liesen und Rummler (2016) arbeiten heraus, dass digitale Medien im sonderpädagogischen Kontext insbesondere in drei Dimensionen eine wesentliche Rolle spielen: Barrierefreiheit, Assistieren und Fördern (S. 7). Barrierefreiheit und Assistieren beziehen sich vor allem auf gesellschaftliche Teilhabe (Liesen & Rummler, 2016, S. 11). Im Umkehrschluss bedeutet „keine bzw. eine mangelnde Vermittlung von Medienkompetenz einen gesellschaftlichen und individuellen Ausschluss, der sämtliche Lebensbereiche durchdringt und sogar das Denken und Handeln beeinflussen kann“ (Pola & Koch, 2019, S. 132). Der 15. Kinder- und Jugendbericht der Bundesregierung weist darauf hin, dass u.a. Personen mit kognitiven Beeinträchtigungen besonders von digitaler Exklusion betroffen und bedroht sind (Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend [BMFSFJ], 2017, S. 60). Eine digitale Exklusion schränkt die Bildungschancen für diesen Personenkreis ein, sodass er von Bildungsbenachteiligungen bedroht ist (Zorn et al., 2019, S. 19). Des Weiteren begünstigt eine digitale Exklusion „eine abhängige, betreute & und medienunmündige Parallelgesellschaft“ (Edler, 2015, S. 80) für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen. Förderung und Entwicklung von Medienkompetenz sind daher im Sinne von Teilhabemöglichkeiten von hoher Bedeutung. Es gibt jedoch „äußerst wenige relevante Forschungen zur Medienkompetenz dieser Zielgruppe“ (Edler, 2015, S. 75). Nach Luder (2004) ist Medienkompetenz ein entscheidender Faktor bei der beruflichen Qualifikation, beim Zurechtfinden in einer Welt, in der sich Prozesse der Identitätsfindung, Persönlichkeitsbildung und Emanzipation durch digitale Medien vollziehen (S. 17). Somit ist sie eine elementare Voraussetzung für eine erfolgreiche gesellschaftliche Teilhabe (Eickelmann, 2015, S. 1) und „auch für diese Zielgruppe [Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung] ein Muss“ (Edler, 2015, S. 74). Dirks und Linke (2019) betonen, dass die Autonomie und die selbstbestimmten Teilhabemöglichkeiten für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen stark eingeschränkt sind, wenn sie von anderen Personen unterstützt werden (S. 245). Daher sollen digitale Medien durch intuitive Bedienung sowie durch vielfältige Adaptier- und Individualisierungsmöglichkeiten von möglichst allen nutzbar sein (Wahl & Wiedecke, 2015, S. 192). Damit bieten mobile Endgeräte neben der Individualisierung von Lernprozessen die Chance einer rezipierenden Aktivierung und Beteiligung der Lernenden (Mayrberger, 2018, S. 71) und eine Möglichkeit, die „Anhängigkeit von professioneller Unterstützung durch ‚Speziallösungen‘ zu reduzieren“ (Edler, 2015, S. 74).

Die dritte Dimension digitaler Medien, die nach Liesen und Rummler (2016) im sonderpädagogischen Kontext eine wesentliche Rolle spielt, ist Fördern. Dies bezieht sich auf Bildungs- und Erziehungsziele (S. 11). Zu den Vorzügen digitaler Medien zählen u.a. „die Individualisierung und Personalisierung des Lernens, das Entdecken und Erleben von Selbstwirksamkeit, das

Einbringen und Entdecken eigener Stärken sowie das Entdecken von neuen Handlungs-, Kommunikations- und Erfahrungsräumen“ (Pola & Koch, 2019, S. 133). Damit eröffnen sich mithilfe von Tablets Teilhabemöglichkeiten für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

## 8.4 Teilhabemöglichkeiten im Bildungsgang Geistige Entwicklung mithilfe von Tablets

Im Bildungsgang Geistige Entwicklung werden „Computer oder interaktive Whiteboards [...] wegen höherer technischer Anforderungen im Unterricht kaum oder gar nicht eingesetzt“ (Wahl & Wiedecke, 2015, S. 193). Die Herausforderungen beziehen sich auf die Geräte und deren Einbindung in den Unterricht, denn Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung sind durch die Kombination von Touchscreen und intuitiver Bedienung durchaus in der Lage, Tablets zu bedienen. Dies trifft auch auf Menschen zu, die noch nicht über ein Symbolverständnis verfügen, sodass „ein erweiterter Personenkreis Zugang zu bedeutsamen Bildungsinhalten hat“ (Krtoski, 2016, S. 35 f.). Wahl und Wiedecke (2015) haben in ihrer Erhebung zum Tablet-Einsatz festgestellt, dass sich 57 von 59 Probanden positiv zur Bedienung des Tablets äußerten (S. 202). „Auch der Umstand, dass tabletbasierte Kommunikationshilfen eine Hilfsmittelnummer haben und somit in Deutschland durch gesetzliche Krankenkassen finanziert werden, bestätigt diese Einschätzung“ (Krtoski, 2016, S. 35).

In einer Befragung zum Tablet-Einsatz im Unterricht bei Lernenden mit Beeinträchtigungen haben Wahl und Wiedecke (2015) festgestellt, dass insbesondere iPads™ im Gebrauch sind (S. 197). Die Attraktivität von Tablets lässt sich u.a. darauf zurückzuführen, dass diese im Sinne eines Universal Design diverse Einstellungsmöglichkeiten und sogar systemintegrierte Bedienungshilfen (s. Abb. 21) haben.

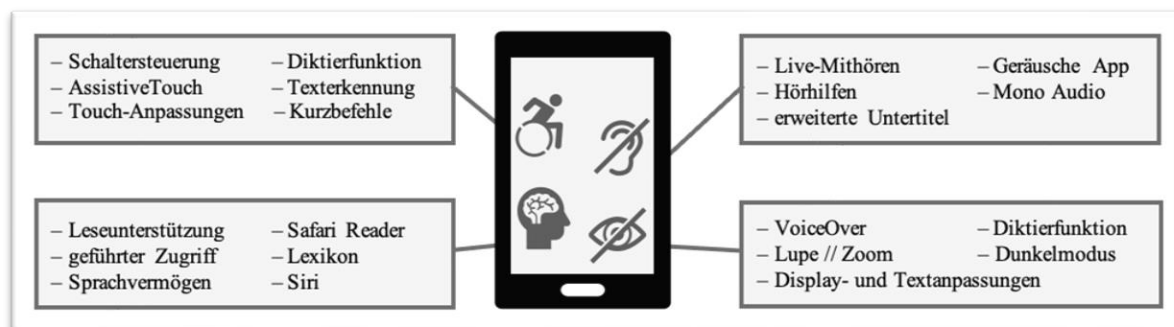


Abb. 21: systemintegrierte Bedienungshilfen eines iPads™ in Anlehnung an Apple, o.J., o.S. – eigene Darstellung



Des Weiteren können spezifische Ein- und Ausgabegeräte angeschlossen werden, sodass auch Lernenden mit zusätzlichen körperlichen und motorischen Beeinträchtigungen ein(e) barrierearme(r) Zugang und Nutzung ermöglicht werden kann (Bresges, 2015, S. 22). Darüber hinaus können mit einem einzigen Gerät verschiedene Handlungen ausgeführt werden wie Fotos oder Videos anschauen und erstellen, Lesen, Audiodateien aufnehmen und abspielen, Schreiben, Recherchieren etc. (Mayrberger, 2018, S. 193). Die Bedienung eines Tablets mit dem Finger oder einem Eingabestift ist natürlicher und intuitiver als die eines Computers (Welling & Stolpmann, 2012, S. 200). Kognitive Herausforderungen, ggf. sogar Barrieren können z.B. der Umgang mit Fehlbedienungen, System- bzw. Menüeinstellungen, die Navigation oder die Struktur der Benutzeroberfläche sein.

Daher haben Forschende in den USA „das Prinzip der größtmöglichen Zugänglichkeit auf die Planung und Gestaltung von Unterricht [UDL]“ (Wember & Melle, 2018, S. 66 f.) auf digitale Medien übertragen. Einerseits müssen besonders die (Medien-)Technik mit den Dimensionen „Bedienen (Bewegen, Kraft, alternative Eingabemethoden)“ und „Technische Nutzbarkeit (Zugänglichkeit und Robustheit)“, andererseits die Medienangebote und -inhalte mit den Dimensionen „Wahrnehmen (Sehen, Hören, Tasten)“ und „Verstehen (Inhalte, verschiedene Adaptiervarianten, Komplexität der Bedienung)“ (Haage & Bühler, 2019, S. 208 f.) berücksichtigt werden. In Bezug auf die Gestaltung digitaler Bildungsinhalte ermöglichen beispielsweise systemintegrierte, multimediale Repräsentationsformen, die Vorlesefunktion, Formatierungs- und Skalierungsanpassungen sowie vereinfachte Sprache eine Barrierearmut (Schluchter, 2019, S. 204; Walkowiak & Nehring, 2019, S. 113). Insbesondere Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung profitieren „vom Einsatz von Kommunikationshilfen, wie Vorlese- oder Diktiersysteme[n], die ihnen die kognitiven Anforderungen beim Lesen und Schreiben erleichtern“ (Dirks & Linke, 2019, S. 245). Bei iPads™ kann der *Geführte Zugriff* aktiviert werden, um Lernenden ein zielgerichtetes Arbeiten und eine bessere Konzentration auf die gestellte Aufgabe durch weniger Ablenkung zu ermöglichen (Bresges, 2015, S. 22). Für android- oder windowsbasierte Tablets gibt es so gut wie keine Apps, die über Editoren verfügen, durch die relevante Inhalte individuell fürs Lernen aufbereitet werden können (Krtoski, 2016, S. 32).

Durch den Einsatz von Tablets bieten sich Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung zusätzliche Fördermöglichkeiten im feinmotorischen Bereich, wie z.B. die Förderung der Beidhand-Koordination oder der Auge-Hand-Koordination, da das Tablet in den Händen gehalten und über den Touchscreen bedient wird (Brieler, 2014, S. 12). Die Förderung dieser Aspekte wirkt sich indirekt günstig auf Teilhabemöglichkeiten aus. Gleichzeitig nimmt die Touchscreen-Bedienung weniger Cognitive Load in Anspruch als die indirekte Bedienung über die

Maus und Tastatur, da Auge-Hand-Maus bzw. -Tastatur nicht miteinander koordiniert werden müssen (Bonow et al., 2019, S. 58). Ein weiterer positiver Effekt liegt darin, dass bei der Gerätebedienung die Blickrichtung nicht verändert werden muss, wodurch die Lernenden ein unmittelbares visuelles Feedback erhalten und gleichzeitig eine visuelle Kontrolle der Handbewegungen haben (Krtoski, 2016, S. 35). Es können jedoch versehentliche Berührungen, motorische Beeinträchtigungen oder auch technische Komponenten des Mediums selbst, wie die Touch-Intensität und/oder -Dauer, Barrieren darstellen. Nichtsdestotrotz können Tablets und insbesondere iPads™ aufgrund ihrer Features ein Quantensprung für die Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung sein (Bosse, 2017a, S. 32).

Da sich Lernwege bzw. -strategien für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung mit bzw. durch digitale(n) Medien verändern, müssen pädagogische Interventionen adaptiert werden (Edler, 2015, S. 74). Bislang erstreckt sich der Einsatz von Tablets im Bildungsgang Geistige Entwicklung i.d.R. meist auf den UK-Bereich, den Unterricht in den Kulturtechniken und die Pausengestaltung (Krtoski, 2016, S. 32). Dabei konnte gerade für diesen Bildungsgang festgestellt werden, dass keine besonderen Settings nötig sind, damit Lernende Tablets eigenständig nutzen (Edler, 2015, S. 80). Um sich Bildungsinhalte zu erschließen, profitieren diese Lernenden von Nutzerfreundlichkeit, klaren Strukturen und Instruktionen sowie einer Beschränkung auf das Wesentliche (Bosse, 2018, S. 840; Spörhase-Eichmann, 2015, S. 165 f.). Nutzerfreundlichkeit impliziert, dass Tablets von allen Lernenden gleichberechtigt verwendet werden können, unabhängig von Diversitätsdimensionen und Bildungsgängen. Daher wird im Folgenden die nutzerfreundliche und barrierearme Gestaltung digitaler Bildungsinhalte beschrieben.

## **8.5 Gestaltung digitaler Bildungsinhalte**

Im Sinne der CLT wird angenommen, „dass Lernprozesse nur gelingen können, wenn diese Gesamtbelastung die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses nicht überschreitet“ (ZIB, 2017, S. 6). Deshalb ist es wichtig zu erforschen, wie digitale Unterrichtsmedien die kognitiven Ressourcen der Lernenden aktivieren und fokussieren können (ZIB, 2017, S. 6) und wie diese gestaltet werden müssen, um einen positiven Effekt auf Teilhabe zu erzielen.

Ein Vorteil digitaler Medien wird u.a. darin gesehen, dass Lerninhalte in mehreren Codierungsformen angeboten werden können. Dies wird mit der Theorie der sogenannten Doppelcodierung begründet. Danach werden Wörter im Gehirn nur einfach codiert, Bilder hingegen doppelt, d.h. bildlich und sprachlich, wodurch konzeptuelles Wissen schneller und besser verfügbar ist

(Schaumburg & Prasse, 2019, S. 160). Des Weiteren wird angenommen, dass sich Texte und Bilder darüber hinaus in der Wissensrepräsentation im Langzeitgedächtnis unterscheiden, da „beim Lernen mit Bildern Bezüge zu alltäglichen Erfahrungen eher [...] [hergestellt werden] können als beim Lernen mit Texten“ (ZIB, 2017, S. 7 f.).

Mayer (2009) formuliert auf dieser theoretischen Grundlage und infolge diverser empirischer Untersuchungen zwölf Designprinzipien für Multimediaanwendungen (s. Tab. 12):

Tab. 12: Designprinzipien für Multimediaanwendungen in Anlehnung Schanze & Girwitz, 2018, S. 180 – eigene Darstellung

|     | <b>Bezeichnung</b>              | <b>Definition des Designprinzips</b>   |
|-----|---------------------------------|--|
| 1.  | Kohärenz-Prinzip                | Irrelevante, für die Motivation, das Verstehen und Lernen nicht unbedingt benötigte Text-, Bild- und Tonausgaben ausblenden    |
| 2.  | Signalisierungs-Prinzip         | Wichtige Informationen und Organisationshilfen durch Hervorhebungen, Markierungen und Hinweise betonen                         |
| 3.  | Redundanz-Prinzip               | Redundante Informationen über den gleichen Sinneskanal vermeiden   |
| 4.  | Räumliches Kontiguitäts-Prinzip | Zusammengehörende Texte und Bilder als integrierte Darstellungen oder in unmittelbarer räumlicher Nähe zueinander präsentieren |
| 5.  | Zeitliches Kontiguitäts-Prinzip | Zusammengehörende Texte und Bilder gleichzeitig bereitstellen  |
| 6.  | Segmentierungs-Prinzip          | Fortlaufende Lerneinheit in auf die Lernenden abgestimmte Lernabschnitte unterteilen   |
| 7.  | Vortrainings-Prinzip            | Benötigte Begriffe, Namen und Grundkonzepte vor einem neuen Informationsangebot einführen                                      |
| 8.  | Modalitäts-Prinzip              | Grafische Darstellungen und Animationen mit hoher Informationsdichte zusammen mit gesprochenem Text anbieten                   |
| 9.  | Multimedia-Prinzip              | Textmaterial durch Bildmaterial veranschaulichen   |
| 10. | Personalisations-Prinzip        | Texte in einer persönlich ansprechenden Beschreibung formulieren   |
| 11. | Stimmlichkeit                   | Sprachliche Ausführungen, Erläuterungen oder Erzählungen mit einer freundlich klingenden, natürlichen Stimme inszenieren       |
| 12. | Sprecherbild                    | Sprecherbild nur bei Gebärden verwenden  |

In herkömmlichen Schulbüchern werden Lerninhalte ausschließlich visuell dargeboten, was bei den Lernenden zu einer Überlastung des visuell-verarbeitenden Systems führen kann. Digitale Unterrichtsmedien eröffnen Möglichkeiten zur Reduktion der Belastung (ZIB, 2017, S. 7). Leutner et al. (2014) konnten einen „moderaten bis hohen Multimedia-Effekt“ nachweisen, wenn „die Informationen in den beiden Repräsentationen kohärent sind und sich aufeinander beziehen“ (Nerdel, 2017, S. 207). Daher ist für Mayer (2009) „besonders die Kontiguität methodisch interessant, also die zeitlich und räumlich parallele Darbietung von gesprochenem Text und Bildpräsentationen“ (Girwidz, 2015c, S. 845). Der positive Effekt der Kontiguität kann durch Signalisierung, d.h. einerseits durch Form- und Farbgebung, intuitive inhaltliche Zusammenhänge oder das Anzeigen von Bezügen visualisiert (Girwidz, 2015a, S. 203) und andererseits durch farbliche Codierungshilfen (Girwidz, 2015c, S. 855) verstärkt werden.

Elektronische Bücher (eBooks) sind ein Medium, das all diese Anforderungen erfüllen kann. Sie haben ein Potenzial, das „weit über dasjenige der klassischen Schulbücher hinaus“ (Nerdel, 2017, S. 201) geht. Durch die Entwicklung multimedialer Erweiterung für eBooks werden diese für den schulischen Kontext noch sinnvoller (Brieler, 2014, S. 13). Da Lernende mit einer linearen Textstruktur vertraut sind, sollten eBooks über ein klares Design und eine übersichtliche Navigation verfügen, um ein sogenanntes „Lost in Hyperspace“ (Nerdel, 2017, S. 201) als zusätzliche Barriere für Teilhabe zu verhindern.

Trotz optimaler Gestaltung digitaler Bildungsinhalte haben mehrere empirische Untersuchungen und Metaanalysen ergeben, dass instruktionale Unterstützung und Hilfestellung durch die Lehrkraft unverzichtbar sind, da sie „genau zu dem Zeitpunkt gegeben werden können, an dem sie benötigt werden“ (Blömeke, 2003, S. 71). Dafür muss die Lehrkraft die Funktion einer Lernbegleitung übernehmen.

## **8.6 Aspekte zur Gestaltung digitaler Bildungsinhalte für den Bildungsgang Geistige Entwicklung**

Es gibt bislang kaum grundlegende repräsentative Daten zur medienspezifischen, barrierearmen Gestaltung von Bildung für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung (Haage & Bosse, 2017, S. 420). Fest steht jedoch, dass ein Unterricht mit digitalen Medien „sich stets an den Spezifika der einzelnen Förderschwerpunkte sowie an den Bedürfnissen und Bedarfen der jeweiligen Schülerschaft orientieren“ (Pola & Koch, 2019, S. 138) muss.

Da Sprache und Schrift nicht selten eine Barriere für die Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung darstellen (s. 7.2), müssen die diversen Bedürfnisse diesbezüglich berücksichtigt werden. Alternativen, wie Leichte Sprache, Vorlesefunktion sowie eindeutige,

leicht erkennbare bzw. allgemeingültige Piktogramme oder eindeutiges Bildmaterial (Fotos oder Videos), können verwendet werden. Die Handlungsanweisungen müssen klar und verständlich formuliert sein (Brüggemann, 2019, S. 115). Eine andere Methode, die sich bewährt hat, ist das sogenannte Videomodelling, bei dem Handlungen mit Videos in Teilsequenzen dargestellt werden, die die Lernenden imitieren und in den Unterricht transferieren sollen (Krtoski, 2016, S. 34). Alternativ können die Teilhandlungen abfotografiert werden.

Insbesondere multimodale Darstellungsmöglichkeiten, die möglichst viele unterschiedliche Wahrnehmungsebenen (z.B. auditiv, haptisch und visuell) ansprechen und eine gewisse Fehler-toleranz aufweisen, sind für Lernende des Bildungsgangs Geistige Entwicklung wichtige Bedingungen (Edler, 2015, S. 75). Durch eine Vielfalt von Rezeptions- und Ausdrucksformen besteht die Möglichkeit, dass sich die Lernenden „entsprechend ihrer Präferenzen, aber auch Fähigkeiten und Fertigkeiten [sowie Vorlieben] in das jeweilige medienpädagogische Szenario“ einbringen können (Schluchter, 2019, S. 204). Gleichzeitig eröffnen sich alternative Möglichkeiten, Lernenden individuellere Hinweise auf verschiedenen Niveaustufen anzubieten. Gleichzeitig wird das Lernen stärker personalisiert und gezielter gefördert, ohne dass dies für alle offenkundig ist. Darüber hinaus eignen sich nach Pola und Koch (2019) produktive und handlungsorientierte Zugänge, die über rein (schrift-)sprachliche Zugänge hinausgehen (S. 133). Da Lernende durchaus entweder Inhalts- bzw. Aufgabenschwierigkeiten haben oder für sie die Informationsdarbietung eine Herausforderung darstellt, sollten digitale Medien und digitale Bildungsinhalte im Bildungsgang Geistige Entwicklung vielfältig sowie adaptierbar sein, d.h. an die jeweiligen Bedürfnisse anpassbar (Schaumburg & Prasse 2019, S. 191). Dadurch können die unterschiedlichen Ressourcen, Leistungsfähigkeiten und Kompetenzen der Lernenden optimal berücksichtigt werden. Adaptive Medien sind in der Lage, den jeweiligen Individualisierungs-, Differenzierungs- und Unterstützungsbedarf der Lernenden zu erkennen und „ihnen ein auf ihre Bedürfnisse angepasstes Lernangebot zur Verfügung [zu] stellen“ (Schaumburg & Prasse 2019, S. 191). Alternativ können die individuellen Bedürfnisse z.B. durch Zusatz- und Übungsmaterial berücksichtigt werden (Schaumburg & Prasse 2019, S. 194). Es kann aber auch Barrieren geben, die die Wirksamkeit der Medien in Bezug auf Möglichkeiten einer gleichberechtigten Teilhabe einschränken oder sogar verschlechtern. Nichtsdestotrotz werden mit digitalen Medien für alle Lernenden „ein Mehr an Teilhabe in Schule und Gesellschaft sowie im Besonderen Möglichkeiten der Rezeption und des Ausdrucks“ (Bosse & Schluchter, 2019, S. 123 f.) eröffnet. Sie beinhalten das Potenzial, Bildungsinhalte fach- und zielgruppenspezifisch bzw. individuell zeit- und kosteneffizient aufzubereiten und darzustellen. Dabei müssen spezifische Gestaltungsprinzipien berücksichtigt werden.

## 8.7 Schlussfolgerung: digitale Gestaltungsprinzipien

Auch wenn beim Einsatz von Medien im Unterricht der UDL-Ansatz berücksichtigt werden muss, wurde in diesem Kapitel deutlich, dass es keine universellen digitalen Gestaltungsprinzipien gibt. Hinzu kommt, dass die Diversität der Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung zu unterschiedlichen Anforderungen an die Technologien und bzgl. der digitalen Umsetzung führt. Dennoch bietet der UDL-Ansatz eine gute Orientierung und, da er flexibel ist, eine Grundvoraussetzung für die Gestaltung digitaler Medien im Bildungsgang Geistige Entwicklung. Dafür sollten folgende digitale Gestaltungsprinzipien mit den bereits herausgearbeiteten kombiniert werden:

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
|    | Fehlertoleranz                  |
|    | Absturzsicherheit               |
|   | Bedienbarkeit & Navigierbarkeit |
|  | Adaptivität                     |
|  | Kontiguität                     |
|  | Kohärenz                        |
|  | Ablenkungsminimierung           |

So ist der Einsatz von Tablets im Physikunterricht des Bildungsgangs Geistige Entwicklung mehr als eine didaktische Frage, da er essenziell für die Möglichkeiten einer vollen und gleichberechtigten Teilhabe aller Lernenden ist.

Um umfassende Teilhabemöglichkeiten im Physikunterricht für alle Lernenden, insbesondere für diejenigen im Bildungsgang Geistige Entwicklung, zu optimieren, müssen die verschiedenen Gestaltungsprinzipien aus der Perspektive der Pädagogik und Didaktik der kognitiven Beeinträchtigung sowie der Physikdidaktik barrierearm universell und sprachsensibel kombiniert werden. Eine Möglichkeit dies umzusetzen, bieten digitale Medien. Dies wird im nächsten Kapitel dargestellt.

»Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.«

(Aristoteles, 384 v. Chr. – 322 v. Chr.)

---

## 9 Synopse der Gestaltungsprinzipien

Teilhabe am experimentellen Physikunterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung kann nur erreicht und optimiert werden, wenn sowohl die fachliche und didaktische Perspektive der Physik als auch die des Bildungsgangs Geistige Entwicklung berücksichtigt werden. Die Realisierung ist mehr als nur die Summe der jeweiligen Gestaltungsprinzipien. Um Teilhabe für alle zu verwirklichen, muss beides kombiniert werden (Stinken-Rösner et al., 2020, S. 38). Diese Synergie ist in ihrer Gesamtheit wiederum leitend für die Entwicklung eines experimentellen Physikunterrichts mit Berücksichtigung des Bildungsgangs Geistige Entwicklung. Daher müssen Interventionen konstruiert und in der Praxis evaluiert werden, die diese Teilhabe ermöglichen und optimieren. Im Folgenden werden die in den vorherigen Kapiteln herausgearbeiteten Gestaltungsprinzipien für physikalische Experimentieranleitungen im Bildungsgang Geistige Entwicklung systematisiert und synergetisch zusammengefügt. Im Anschluss an diese Synopse wird eine Intervention entwickelt und wissenschaftlich untersucht.

### 9.1 Gestaltungsprinzipien für physikalische Experimentieranleitungen im Bildungsgang Geistige Entwicklung

Die in den vorherigen Kapiteln geschlussfolgerten Gestaltungsprinzipien, um physikalisches Experimentieren im Bildungsgang Geistige Entwicklung barrierearm universell, sprachsensibel und digital umzusetzen, lassen sich systematisieren.

Einige bilden die Basis. So müssen sich z.B. Bildungsinhalte im Bildungsgang Geistige Entwicklung und deren methodische und didaktische Umsetzung beim physikalischen Experimentieren an edukativen, didaktischen Erfordernissen, Kompetenzen, Werten und Normen orientieren (🧩). Dies impliziert sowohl eine fachliche Richtigkeit (🧩) und den Einsatz fachspezifischer Denk- und Arbeitsweisen (🧩) als auch eine Verknüpfung dieser formalen, allgemeinen, fachlich-physikalischen Bildungsinhalte mit sonderpädagogischen (🧩). Außerdem müssen die kognitiven Elemente mit affektiven, psychomotorischen und sozialen kombiniert werden (🧩). Dabei müssen jeweils die Bildungsinhalte, Methoden, Arbeitsweisen und das Material kompatibel mit den individuellen Bedürfnissen, Präkonzepten, Erfahrungen und Voraussetzungen der

Lernenden sein bzw. dementsprechend assimiliert werden (🧩). Die vorhandenen Umweltfaktoren und Rahmenbedingungen müssen immer im Unterricht berücksichtigt werden (🧩). Darüber hinaus ist es elementar, die Lernenden beim physikalischen Experimentieren durch Lehrkräfte zu begleiten und unterstützen (🧩).

Auf den Basis-Gestaltungsprinzipien bauen die anderen Gestaltungsprinzipien auf, die sich unter folgenden Leitlinien subsumieren lassen:

- selbstständige Handlungsorientierung
- anschauliche Ergebnisse
- Lebensweltbezug
- Sprache
- orientierende Strukturierung.

Eine selbstständige Handlungsorientierung kann nur realisiert werden, wenn Lernende im Sinne des Forschenden Lernens die Möglichkeit haben, die Experimente auf verschiedenen Handlungsniveaus (Levels of Inquiry) auszuführen (🧩). Förderlich dabei ist, wenn der Geräteaufwand für die Experimente möglichst gering ist (🧩), diese möglichst einfach und intuitiv zu bedienen sind oder die Bedienung schnell erlernbar ist (🧩). Im Falle digitaler Geräte gilt dies ebenfalls für die Navigierbarkeit. Außerdem sollten diese eine gewisse Absturzsicherheit aufweisen (🧩). Die verwendeten Geräte, aber auch die Handlungsschritte, müssen gegenüber nicht ganz akkuraten Ausführungen fehlertolerant sein (🧩). Die Experimente sollen anschauliche Ergebnisse liefern.

Diese zeichnen sich insbesondere für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung dadurch aus, dass Ergebnisse für sie wiederholbar, eindeutig und verständlich sind (🧩). Außerdem sollten sie von den Lernenden multisensorisch wahrgenommen werden können (🧩). Die anschaulichsten Ergebnisse liefern i.d.R. Versuche, die originale bzw. Primärbegegnungen mit physikalischen Phänomenen (🧩) darstellen.

Gleichzeitig stellen diese einen Lebensweltbezug für die Lernenden dar, der ein tieferes bzw. erweitertes Verständnis der natürlichen Welt fördert, was elementar für eine Scientific Literacy ist (🧩). Der Lebensweltbezug sollte, neben den originalen bzw. Primärbegegnungen mit physikalischen Phänomenen (🧩), beim Experimentieren durch das Nutzen von Alltagsmaterialien und -gegenständen (🧩) unterstützt werden. Dafür eignen sich insbesondere Freihand-



experimente. Des Weiteren muss das physikalische Experimentieren mit authentischen Aufgaben (🧩) für die Lernenden verknüpft werden sowie Transfermöglichkeiten (🧩) beinhalten. Damit Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung die Aufgaben selbstständig ausführen können, spielt die Sprache eine entscheidende Rolle. Es müssen Schrift- und Textunterstützungen angeboten werden (🧩). Dabei sind Faktoren wie eine vereinfachte Sprache (🧩), die zusätzlich auf unnötige und unbekannte Fachwörter verzichtet, das Kennzeichnen wesentlicher Informationen (🧩) z.B. durch Signalisierung und das Layout (Schriftart, Schriftgröße, Zeilenabstand, Kontraste etc.) entscheidend (🧩). Im Sinne der Doppelcodierung werden Lernende auch bei der Decodierung der Informationen dadurch unterstützt, dass diese in Form verschiedener Modi und auf unterschiedlichen Ebenen (🧩) dargestellt werden, wie z.B. mit einem Foto des benötigten Gegenstandes oder des fertigen Versuchsaufbaus.

Einige Lernende benötigen Textalternativen (🧩) statt -unterstützungen. Auch dies lässt sich in Form multimedialer Zugänge realisieren (🧩). Bei diesen Zugängen sowie den verschiedenen Modi und Darstellungsebenen muss das Prinzip der Kontiguität (🧩) beachtet werden, d.h. der Text und die z.B. dazugehörigen visuellen und auditiven Maßnahmen sollten gleichzeitig in unmittelbarer räumlicher Nähe zueinander präsentiert werden.

Das Prinzip der Kontiguität und die Kennzeichnung wesentlicher Informationen (🧩) sind auch Elemente einer orientierenden Strukturierung von Arbeitsmaterialien. Ein Weiteres ist das Kohärenz-Prinzip (🧩), d.h. auf Informationen, Texte und Abbildungen wird verzichtet, die für Verstehen und Lernen irrelevant sind. Dadurch minimiert sich automatisch die Ablenkung (🧩), die zusätzlich durch eine geringere Informationsfülle und -dichte reduziert werden kann (🧩). Diese Reduktion unterstützt die Lernenden darüber hinaus, genauso wie Animismen, Anthropomorphismen (🧩) und Mnemotechniken (🧩), die Informationen sinnentnehmend zu erfassen, im Arbeitsgedächtnis zu behalten, um z.B. eine Handlung auszuführen. Außerdem bietet es sich an, die Informationen zu segmentieren (🧩) und sie dadurch klarer und überschaubarer darzubieten.

Des Weiteren sollten nicht nur die Arbeitsmaterialien eine orientierende Strukturierung aufweisen, sondern auch die Abläufe im Unterricht. So ist es beim physikalischen Experimentieren elementar, dass es klare, überschaubare Rahmen, Regeln und (Sicherheits-)Anweisungen (🧩) gibt, die in jeder Stunde möglichst identisch sind.

Um Teilhabe zu optimieren spielt neben den Basis-Gestaltungsprinzipien und den Leitlinien aufgrund der Heterogenität der Lernenden die individuelle Förderung eine entscheidende Rolle. Es muss beispielsweise berücksichtigt werden, dass die Lernenden für die gleiche Aufgabe unterschiedlich viel Zeit (🧩) benötigen. Sie können auch über die materiale Steuerung individuell gefördert und gefordert werden, indem sie z.B. andere oder zusätzliche Materialien (🧩) erhalten und optional nutzen können, *Gestufte Hilfen* (🧩) eingesetzt oder Hintergrund- bzw. Zusatzinformationen (🧩) bereitgestellt werden. Außerdem können die Lernenden über eine personale Steuerung individuell gefördert werden, d.h., die Lehrkräfte geben ihnen Rückmeldung zu ihren individuellen Entwicklungsfortschritten (🧩). Darüber hinaus müssen die Lehrkräfte die individuellen Lernvoraussetzungen und die jeweilige Passung des Lehr-Lern-Arrangements on-the-fly diagnostizieren und reflektieren, um im Unterricht flexibel (🧩) reagieren und Arbeitsmaterialien, -aufträge etc. adaptieren (🧩) zu können.

Die vorliegende Arbeit untersucht, inwiefern mithilfe dieser Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung in eBooks sowie auf Arbeitsblättern, Teilhabe beim physikalischen Experimentieren für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung optimiert werden kann.

Im Sinne des DBR werden sowohl eine praxistaugliche Intervention mit konkreten Unterrichtsmaterialien entwickelt als auch *lokale Theorien* geniert, die darlegen, mit welchen Gestaltungsprinzipien eine praxistaugliche Intervention designed werden sollte und wie diese konkret umzusetzen sind. Die Praxistauglichkeit wird daran in Anlehnung an Adamina (2014) reflektiert. Neben der Orientierung an grundlegenden Kompetenzen, der kognitiven Aktivierung, der Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen und Bedürfnisse (S. 364 ff.), wird überprüft, ob

- sich alle Lernenden das Material erschließen können,
- ob sie selbstständig das vorgesehene Experiment korrekt durchführen und
- ob sie ihre Kompetenzen, insbesondere die experimentellen, erweitern können.

Sind die Lernenden und die Gegebenheiten vor Ort bekannt, können der Bildungsinhalt sowie dessen methodische und didaktische Realisierung festgelegt werden. Erst dann sind die Gestaltungsprinzipien im eBook und auf den Arbeitsblättern umsetzbar. Deswegen werden im Folgenden nur Vorüberlegungen zum Einsatz der Gestaltungsprinzipien beschrieben. Deren konkrete Umsetzung wird nach der Vorstellung der Lerngruppe in 11.2 dargestellt.

## 9.2 Vorüberlegungen zum Einsatz der Gestaltungsprinzipien im Unterricht

Die Gestaltungsprinzipien können im experimentellen Physikunterricht bei Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung sowohl im Gemeinsamen Lernen, also an einer inklusiv arbeitenden allgemeinen Schule, oder an einer Schule mit dem sonderpädagogischen Schwerpunkt Geistige Entwicklung erprobt werden. Das Gemeinsame Lernen hätte den Vorteil, dass die entstehenden *lokalen Theorien* über die (Weiter-)Entwicklung und Umsetzung von Gestaltungsprinzipien für einen inklusiven experimentellen Physikunterricht direkter abgeleitet werden können. Es können also eher Aussagen für andere Bildungsgänge und Diversitätsdimension z.B. in Bezug auf spezifische Anpassungen getroffen werden, sodass universellere Erkenntnisse möglich sind.

Um jedoch Aussagen zur (Weiter-)Entwicklung und Umsetzung dieser Gestaltungsprinzipien treffen zu können, muss eine ausreichende Anzahl Lernender einer Zielgruppe im Unterricht anwesend sein. Die Wahl des Untersuchungsortes, d.h. die Schulform, wird durch diese notwendige Bedingung maßgeblich beeinflusst. Da Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung hauptsächlich an Förderschulen unterrichtet werden, ist es dort möglich, spezifische Erkenntnisse zu erhalten, um die entwickelte Intervention zu optimieren. Basierend darauf, können Schlussfolgerungen für das Gemeinsame Lernen formuliert und somit ein Beitrag in Bezug auf die Teilhabe am experimentellen Physikunterricht an allgemeinen Schulen für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung geleistet werden.

Des Weiteren haben sonderpädagogische Lehrkräfte, die spezifisch für den Bildungsgang Geistige Entwicklung ausgebildet wurden, eine Expertise in Bezug auf individuelle Förderung, Unterstützung, Barrierenreduktion, Materialgestaltung und die damit verbundene Diagnostik. Nach Adesokan (2015) haben sie diese Kompetenzen seit dem Studium sukzessive erlernt, gefestigt und verbessert (S. 87). Diese Expertise kann und soll bei der Reflexion der Mikro- und Mesozyklen genutzt werden, um die Gestaltungsprinzipien zu re-designen. Dies ist fundamental, denn eine Teilhabe kann nur optimiert werden, wenn Lehrkräfte wissen, wie und unter welchen Bedingungen sich ihre Lernenden jeweils am besten Kompetenzen aneignen und wie sie dabei individuell unterstützt werden können (Fischer, 2008, S. 12 f.). Davon profitieren auch Lehrkräfte, die nicht sonderpädagogisch bzw. nicht im Bildungsgang Geistige Entwicklung ausgebildet wurden. Denn auch diese Lehrkräfte müssen allen Lernenden eine Teilhabe am experimentellen Physikunterricht ermöglichen und zum Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung beitragen.

Aus diesen Gründen werden die Gestaltungsprinzipien im experimentellen Physikunterricht an einer Schule mit dem sonderpädagogischen Schwerpunkt Geistige Entwicklung eingesetzt, um wissenschaftliche Erkenntnisse über die (Weiter-)Entwicklung und deren Umsetzung zu erhalten.

Die Lernenden, mit denen die Gestaltungsprinzipien erprobt werden, müssen bestimmte Lernvoraussetzungen mitbringen, um den Anforderungen des Untersuchungsdesigns gerecht zu werden. Die Anforderungskriterien dienen u.a. dem persönlichen Schutz der Lernenden. Außerdem sind diese notwendig, um die Beobachtungen über die einzelnen Lernenden vergleichen und auswerten zu können. Dabei sollen *lokale Theorien* generiert werden, die in gewisser Hinsicht standardisiert sein müssen. Außerdem sollen die in dieser Arbeit entstehenden Erkenntnisse weiterverwertet werden, da die Gestaltungsprinzipien perspektivisch auch bei Lernenden mit unterschiedlichen Lernzielen, in differenten Bildungsgängen bzw. mit anderen Diversitätsdimensionen eingesetzt werden sollen.

All dies impliziert vergleichbare Lernvoraussetzungen der Lernenden sowie gleiche Lernziele. Dies ist auf keinen Fall diskriminierend, sondern eine typische Vorgehensweise. Es wird eine Stichprobe gebildet, d.h. nach bestimmten Kriterien ausgewählt, z.B.: Die Lernenden verfügen über das benötigte Wissen, weisen die erforderliche Erfahrung auf, haben Zeit für die Teilnahme und machen freiwillig mit (Merkens, 2003, S. 294).

Die Lernenden müssen u.a.

- über ein bestimmtes Maß an Selbstständigkeit verfügen
- Grundkenntnisse in Bezug auf die eBook-Bedienung haben oder sich diese schnell aneignen können
- müssen Bilder, Symbole und Piktogramme auf den Arbeitsblättern sinnentnehmend lesen können.

Wenn sie z.B. nicht selbstständig über einen gewissen Zeitraum arbeiten, im erweiternden Sinne lesen, Versuchsmaterialien zusammenbauen, Variablen verändern, Versuchsergebnisse wahrnehmen, das Tablet bedienen oder Hilfe anfordern können, eignen sie sich nicht als Probanden.

Vor der Durchführung der Studie ist es wichtig, die Lernenden kennen zu lernen und zu erfahren, wer in welchem Maße selbstständig lernen und arbeiten kann. Es geht also darum, die individuelle Wahrnehmung, Motorik, Kognition, Kommunikation und Sprache, emotionale

Befindlichkeiten und Sozialverhalten der Lernenden in Bezug auf Lern- und Aneignungsprozesse beim physikalischen Experimentieren zu ermitteln (Fischer, 2008, S. 23). Darüber hinaus ist es wichtig zu eruieren, ob und wie z.B. physische, medizinische, psychische Faktoren Einfluss auf diese Lern- und Aneignungsprozesse haben. Dies müssen bei der konkreten Unterrichtsplanung und -umsetzung berücksichtigt werden. Um ideal an das Vorwissen der Lernenden anknüpfen zu können und eine Über- bzw. Unterforderung zu vermeiden, müssen auch der Wissensstand bzw. die Handlungskompetenzen zur spezifischen physikalischen Arbeitsweise, dem Unterrichtsthema, dessen methodische und didaktische Umsetzung sowie die Bedienung und Nutzung von eBooks ermittelt werden.

Zu Erfassung dieser Informationen bieten sich informelle Vorgehensweisen an wie Beobachtungen, Expertengespräche mit anderen Lehrkräften oder integrationshelfenden Personen, Befragungen der Lernenden, Aktenstudien oder bereits vorhandene Unterrichtsergebnisse von standardisierten diagnostischen Verfahren (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 100).

## II Abschnitt: Erprobung der Intervention

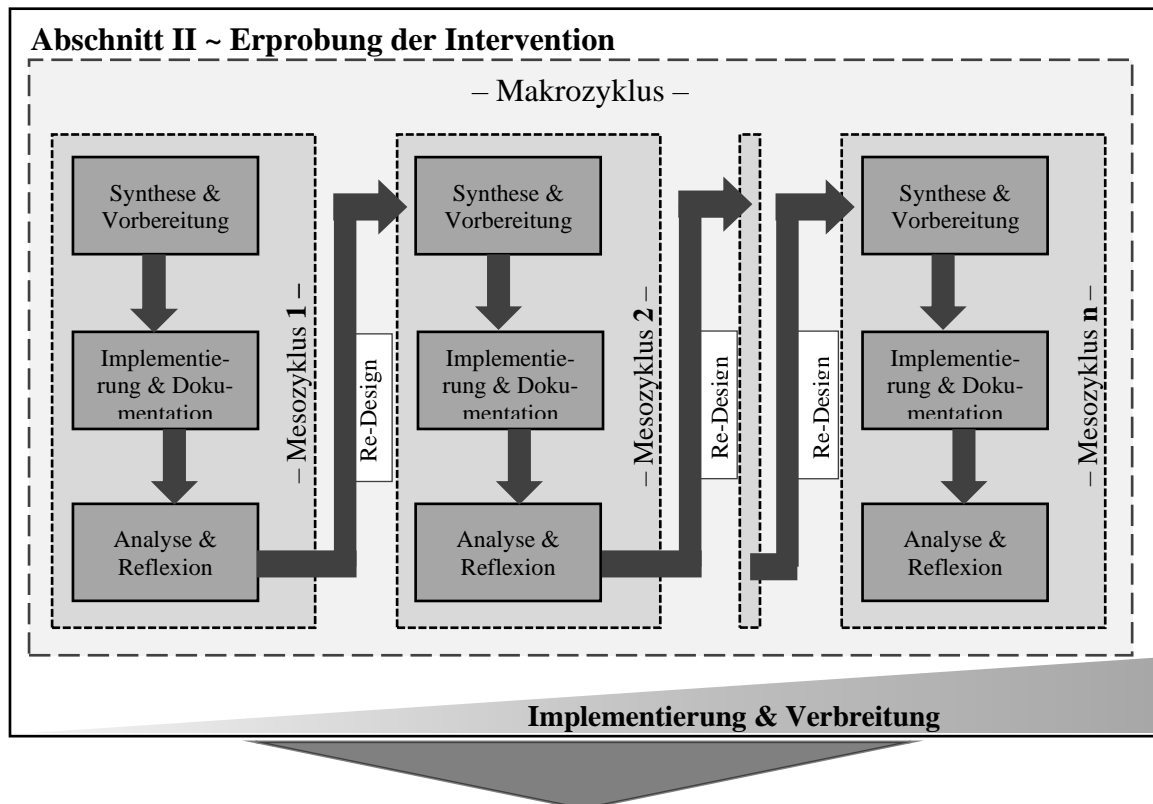


Abb. 4: Ablauf von DBR ~ zweiter Abschnitt – eigene Darstellung

## 10 Erhebungsinstrument und Analyseverfahren

Diese Forschungsarbeit untersucht Gestaltungsprinzipien von Experimentieranleitungen in Form von eBooks für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung in Bezug auf ein Teilhabepotenzial. Für diese Zielgruppe eignen sich nach Hagen (2002) insbesondere qualitative Forschungsmethoden, da diese Lernenden besonders dazu neigen sozial erwünscht zu antworten. (S. 294). Qualitative Forschungsmethoden eröffnen darüber hinaus die Möglichkeit, ergebnisoffen Erkenntnisse zu generieren. In der Unterrichtsforschung, wie in der Physikdidaktik, werden bei nicht erschlossenen Thematiken i.d.R. qualitative Methoden eingesetzt (Schmidt, 2014, S. 19 f.). Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass bestimmte Erhebungsverfahren, wie z.B. „schriftliche Befragungen oder stark narrativ orientierte mündliche Befragung“ (Mayerle, 2015, S. 11) bei Probanden, die im Bildungsgang Geistliche Entwicklung beschult werden, weniger infrage kommen. Das Erhebungsinstrument muss individuell an die Zielgruppe angepasst werden. Daher wird u.a. auf verschiedene Verfahren zurückgegriffen wird. Diese müssen kombiniert werden (Kromrey, 2002, S. 82).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen valide Aussagen getroffen werden, ob die herausgearbeiteten Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung in eBooks Teilhabe beim physikalischen Experimentieren im Bildungsgang Geistige Entwicklung optimieren können. Daher wurden eBooks entwickelt und im Rahmen einer sogenannten Usability-Studie auf deren Benutzerfreundlichkeit von der Zielgruppe getestet. Aufgrund des forschungsmethodischen Vorgehens (DBR) fand dies iterativ in mehreren Zyklen statt. In jedem wurden die Lernenden videografiert, um aus den Videoaufzeichnungen Daten zu generieren, die mit qualitativen Techniken ausgewertet wurden. Im Folgenden wird diese Vorgehensweise näher beschrieben sowie die Wahl des jeweiligen Erhebungsinstruments und des Analyseverfahrens begründet.

### 10.1 Erhebungsinstrument – Videoaufzeichnungen

Nach Dinkelaker und Herrle (2009) bietet sich Unterrichtsvideografie für (fachdidaktisch) Forschende an, um Auswirkungen von Unterrichtsmerkmalen auf das Lehren und Lernen zu erfassen und – darauf basierend – Unterrichtsettings zu optimieren (S. 10). Mithilfe von Videoaufzeichnungen kann darüber hinaus nonverbale Kommunikation aufgenommen und so die Situation umfassender analysiert werden. Insbesondere für einen experimentellen Physikunterricht, der per se viele nicht hörbare Handlungen beinhaltet, sowie für Unterricht mit Lernenden, die

nicht oder nur eingeschränkt verbalsprachlich kommunizieren, stellt das ein exzessiv relevantes Merkmal dieser Erhebungsform dar.

In diesem Kapitel wird zunächst das genutzte Erhebungsinstrument, die Unterrichtsvideografie, vorgestellt und die Wahl literaturbasiert untermauert. Dabei wird auf wichtige Aspekte wie Invasivität, Kameraeffekte und Datenschutz eingegangen.

### **10.1.1 Unterrichtsvideografie und -analyse**

Die Videografie von Unterricht und deren Nutzung in der Lehr-Lern-Forschung zählt zu den qualitativen Forschungsmethoden und hat sich in den letzten Jahren etabliert (Seidel & Thiel, 2017, S. 2). Knoblauch (2011) definiert Videografie als die reine Aufzeichnung von Daten. In Abgrenzung dazu werden bei der Videoanalyse die aufgenommenen Daten, d.h. die Videos, untersucht (S. 141). Neben Knoblauch nehmen auch Janik et al. (2009, S. 7) die Unterteilung in Aufnahme und Analyse vor. Erikson (2006) betont, dass Videoaufzeichnungen an sich keine wissenschaftlichen Daten sind, sondern eine Datenquelle. Die tatsächlichen Daten müssen erst definiert und aus den Videos herausgesucht werden, damit sie in der Analyse berücksichtigt werden können (S. 572).

Um mittels Videografie etwas über Unterricht zu erfahren, gibt es verschiedene Settings, diese zu erstellen und unterschiedliche Möglichkeiten, sie auszuwerten. So werden z.B. Unterricht oder Unterrichtssequenzen und dabei die Lehrkraft, einzelne Lernende oder die gesamte Klasse, aber auch Interviews oder Gruppendiskussionen videografiert (Herrle & Dinkelaker, 2016, S. 77). Die Videos können entweder von forschenden Personen selbst aufgezeichnet werden oder bereits vorliegen, da sie vorher für andere Zwecke entstanden sind (Knoblauch, 2011, S. 140).

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine videografische Unterrichtsanalyse, bei der Physikunterrichtsstunden im Bildungsgang Geistige Entwicklung von der forschenden Person aufgenommen und zusammen mit weiteren Personen wissenschaftlich analysiert wurden (s 10.4.3.4 & 10.4.3.6)

### **10.1.2 Vor- und Nachteile von Unterrichtsaufzeichnungen**

Durch die Videografie sollen Datenquellen aufgenommen werden, um diese möglichst valide und zuverlässig analysieren zu können (Seidel & Thiel, 2017, S. 2). Die Methode gilt als „eine weniger subjekt- und theoriegebundene“ (Petko et al., 2003, S. 265) und muss nicht so stark vorstrukturiert werden wie z.B. Beobachtungsbögen. Im Gegensatz zu simultanen, schriftlich protokollierten Beobachtungen, Audioaufnahmen oder Fotos können mithilfe von Videos



parallel stattfindende Phänomene und simultanes Agieren mehrerer Personen unkompliziert festgehalten werden. Neben dem genauen Wortlaut werden, durch die Kombination von Bild und Ton, Äußerungsmodalitäten wie Mimik, Gestik, Körperhaltungen und -positionen sowie deren Einfluss erfasst (Herrle et al., 2016, S. 9). Dadurch erweitern sich die Analysemöglichkeiten insbesondere in Bezug auf den Detaillierungsgrad und die prozessuale Verkettung von Ereignissen (Herrle & Breitenbach, 2016, S. 30). Bei der Unterrichtsvideografie ist ein entscheidender Vorteil die Erfassung von realen zeitlichen Geschehnissen sowie deren Wiederholbarkeit – bei Bedarf sogar in unterschiedlichen Geschwindigkeiten oder als Standbild –, wodurch die Komplexität der Gesamtsituation reduziert und diese iterativ und umfassender dokumentiert werden kann (Fritsche & Wagner-Willi, 2014, S. 132). Gleichzeitig kann das Videomaterial zu einem späteren Zeitpunkt beliebig oft von anderen Personen untersucht und die Analyse nachvollzogen werden.

Bei dieser Methode ist zu beachten, dass Videomaterialien kein Abbild von realen Situationen sind, sondern selektive Fragmente: Zum einen können z.B. gustatorische, olfaktorische, taktile oder haptische Wahrnehmungen (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 15) sowie das nicht direkt wahrnehmbare Empfinden einer Situation nicht aufgezeichnet werden. Dafür müssen die Beteiligten entweder befragt werden, oder die forschende Person muss selbst Teil der Situation sein (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 16). Zum anderen werden visuelle Phänomene – bedingt durch den Kamerastandort, die -ausrichtung und ggf. die -führung – nur aus einem ausgewählten Bildausschnitt aufgenommen. Die Audioaufnahmen zeichnen nicht alle Gespräche auf, da z.B. flüsternde Unterhaltungen mit einer benachbarten Person nur invasiv und mit großem technischem Aufwand erfasst werden können.

Neben den beschriebenen erhebungsmethodischen Aspekten, wie die möglichst komplette Erfassung der Situation, spielen aufnahmetechnische Aspekte, wie Gegenlicht, eine Rolle bei der Entscheidung des Kamerastandorts und des damit einhergehenden Bildausschnitts (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 25). Daher müssen u.a. die Wahl des Bildausschnittes, die (Forschungs-) Beziehungen der einzelnen Personen, verfügbare Ressourcen, spezifische technische Bedingungen und räumliche Gegebenheiten vor Ort einsichtig gemacht und in Bezug auf das Forschungsvorhaben reflektiert werden (Fritsche & Wagner-Willi, 2014, S. 132).

Aufgrund der Datenmenge und der vielfältigen Analyseoptionen entsteht das sogenannte Selektionsproblem. Dies kann durch die jeweilige Forschungsfrage und die verwendete Analyseverfahren gelöst werden, wobei gleichzeitig der zwingend notwendige Bedarf eines spezifischen Fokus einhergeht (Herrle et al., 2016, S. 10). Bei der Videoaufzeichnung muss die genaue

Forschungsfrage nicht schon von Beginn an präzise feststehen, sondern kann bei der Betrachtung des Videomaterials modifiziert werden oder sich sogar erst ergeben (Petko et al., 2003, 265). Außerdem werden i.d.R. vorher keine Hypothesen aufgestellt, sondern erst im Laufe des Prozesses entwickelt (Kuckartz, 2018, S. 46). Aufgrund des Selektionsproblems wird nach Erikson (2006) keine Videoanalyse alle Daten vollständig erfassen, weil jedes Codierschema mehr potenzielle Daten auslässt, als es enthält (S. 572).

### **10.1.3 Invasivität und Kameraeffekte**

Für wissenschaftliche Zwecke müssen die Kameraprozeduren wie Kamerastandort, -ausrichtung und ggf. -führung durch ein Kameraskript vereinheitlicht werden, was „eine wichtige Voraussetzung für die spätere Validität der Datenauswertung“ (Waldis et al., 2007, S. 166) darstellt. Dabei muss eine Balance zwischen Standardisierung und Offenheit gefunden werden, um sowohl eine Vergleichbarkeit sicher zu stellen, als auch das Nichterfassen interessanter Phänomene zu verhindern. Um nahezu alle forschungsrelevanten Aspekte aufzuzeichnen, muss die Situation aus verschiedenen Perspektiven erfasst und bei der Analyse trianguliert werden (Seidel et al., 2005, S. 135 f.). Der Kamerastandort muss so gewählt werden, dass dieser möglichst wenig das Unterrichtsgeschehen beeinflusst. Zusätzlich lässt sich die Invasivität in Form folgender Faktoren minimieren:

- Aufnahmeequipment so gering wie nötig halten
- Kameras, wenn möglich, mit einem Stativ positionieren
- falls Personen Kameras führen, sollen sie sich möglichst unauffällig bzw. zurückhaltend verhalten (z.B. Waldis et al., 2007, S. 165).

Für die Forschungsökonomie ist es essenziell, dass die Invasivität möglichst gering ist, damit die Teilnehmenden während der Forschung ihre Eigenschaften, Fertigkeiten, Fähigkeiten und ihr Wissen uneingeschränkt abrufen können. Darüber hinaus verlangt die Forschungsethik, dass Probanden nicht in eine für sie unangenehme Situation gebracht werden. Bei Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung können insbesondere Usability-Studien in Laboren mit integrierten und unübersehbaren Aufnahmeggeräten zu einem Gefühl von Performancedruck und einem verminderten Selbstwertgefühl bei auftretenden Herausforderungen führen (Bernasconi, 2007, S. 182). Daher empfiehlt es sich, Usability-Studien mit diesen Probanden möglichst in bekannten Settings durchzuführen.

Auch wenn die Datenerhebung im Alltag der Probanden stattfindet, verändert sich die gewohnte Situation für sie, wodurch sie sich ggf. anders verhalten, indem sie bewusst mit der Kamera,

z.B. durch Faxen, interagieren (z.B. Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 21). Allerdings zeigt eine Studie von Praetorius, McIntyre und Klassen (2017) mit Lehrkräften, dass der Reaktivitätseffekt nur in den ersten Minuten auftritt, d.h., eine Kamera scheint schon nach kurzer Zeit keinen größeren Einfluss mehr zu haben (Seidel & Thiel, 2017, S. 8 f.). Auch Dinkelaker und Herrle (2009) betonen, dass der Kameraeffekt sowohl bei Lehrkräften als auch bei Lernenden aufgrund der „Eigendynamik des Interaktionsgeschehens“ (S. 27) kaum ausgeprägt ist.

#### **10.1.4 Datenschutz**

Der Datenschutz ist bei videobasierter Forschung vergleichsweise anspruchsvoller als bei anderen Methoden. Es können zwar bei der Aufbereitung der Daten anonymisierte Transkripte angefertigt werden, deren alleinige Berücksichtigung bei der Analyse aber einen erheblichen Datenverlust mit sich bringen würde (Waldis et al., 2007, S. 164). Aspekte wie Prosodie, Mimik, Gestik, Körperhaltungen und -positionen lassen sich schwer bis gar nicht transkribieren, sodass bei Videoanalysen die Aufzeichnungen herangezogen werden, in denen Personen prinzipiell identifizierbar sind, weil die Gesichter erkennbar sind und Namen genannt werden. Daher umfasst der Datenschutz bei der Arbeit mit Videomaterialien nicht nur ethische Aspekte, sondern auch rechtliche. Die Videoaufzeichnung kann, selbst zu wissenschaftlichen Zwecken, die Privatsphäre von Menschen verletzen, die durch die Europäische Menschenrechtskonvention (Art. 8) geschützt ist. Deshalb empfehlen Petko et al. (2003), die schriftliche Einwilligung von Institutionen sowie aller Beteiligten, ggf. von deren Erziehungsberechtigten, einzuholen (S. 269).

### **10.2 Analyseverfahren – Qualitative Inhaltsanalyse**

Für die Analyse von Videoaufzeichnungen eignen sich mehrere Verfahren. Für Gläser-Zikuda (2015) kommen insbesondere die Grounded Theory, die Typologische Analyse und die Qualitative Inhaltsanalyse infrage (S. 123). Döring und Bortz (2016d) ergänzen diese Methoden um die Kritische Diskursanalyse, den Interpretativen Phänomenologischen Ansatz, die Konversationsanalyse, die Narrative Analyse, die Objektive Hermeneutik sowie die Dokumentarische Methode (S. 600). Mit den meisten Ansätzen können die Daten sowohl fallbezogen als auch fallübergreifend ausgewertet werden. Diese Auswertungsebenen können in der Praxis miteinander verzahnt sein.

Die Qualitative Inhaltsanalyse wird besonders häufig in der Bildungsforschung im Rahmen von Dokumentenanalysen angewendet, auch bei nicht textbasierten Daten wie Videografien

(Döring & Bortz, 2016c, S. 542). Da kein Konsens darüber besteht, welche Merkmale diese Methode ausmachen, gibt es nicht „die“ qualitative Inhaltsanalyse“ (Schreier, 2014, o.S.), sondern verschiedene Varianten und orientierende Merkmale. Dazu gehört, dass sich die Qualitative Inhaltsanalyse von anderen (Text-)Analyseverfahren unterscheidet, indem sie u.a. systematisch vorgeht, regelgeleitet ist, mit Kategorien arbeitet und Gütekriterien eingehalten werden sollen. Diese Aspekte stellen ein methodisches Gerüst dar, um eine vorschnelle Quantifizierung zu vermeiden (Mayring, 2008, S. 10). Darüber hinaus stellt die Qualitative Inhaltsanalyse „eine Zwischenposition zwischen qualitativen und quantitativen“ (Döring & Bortz, 2016c, S. 541) dar. In der Praxis werden häufig im Sinne eines Mixed-Methods-Design die Qualitative in Kombination mit einer Quantitativen Inhaltsanalyse verwendet (Döring & Bortz, 2016c, S. 542).

Mithilfe eines Kategoriensystems werden bei der Qualitativen Inhaltsanalyse sowohl theoriebasiert-deduktiv als auch datengesteuert-induktiv zentrale manifeste Inhalte (unmittelbare Wort- und Bildbedeutungen) sowie latente (tiefere Bedeutungsebene) extrahiert (Döring & Bortz, 2016c, S. 544). Beim Zuordnen von Inhalten zu Kategorien gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen. Die verschiedenen Codierverfahren werden im Folgenden vorgestellt.

### 10.3 Codierverfahren

Codierverfahren unterscheiden sich u.a. durch die sogenannte Inferenz, d.h., in welchem Maß Schlüsse bei der Beurteilung gezogen werden können. Es wird zwischen niedrig-inferenten und hoch-inferenten Codierungen unterschieden. Zur ersten gehören direkt und offensichtlich beobachtbare Aspekte, sogenannte Sichtstrukturen, wie Lernziel, Sozialform, Methoden, Material- und Hilfsmiteleinsetz oder Länge einer Unterrichtsphase. Bei einer niedrig-inferenten Codierung kann z.B. ausschließlich das bloße Auftreten einer Sache, d.h. distinktiv wahrnehmbare Ereignisse, festgehalten werden. Wenn zusätzlich Anfangs- und Endpunkte bestimmt werden, können auch Aussagen über die Häufigkeit eines Auftretens und den zeitlichen Umfang getroffen werden. Dadurch ergibt sich ein Überblick über die gesamten Videodaten, d.h. über den sequenziellen Verlauf der Unterrichtseinheiten. Es können präzisierende Teilforschungsfragen sowie Hypothesen abgeleitet werden. Die codierenden Personen müssen während einer niedrig-inferenten Codierung kaum Schlussfolgerungen ziehen (Petko et al., 2003, S. 275).

Bei hoch-inferenten Codierungen werden sogenannte Tiefenstrukturen des Unterrichts erfasst, sodass die Beobachtungen erst in Bezug z.B. zu fachlich fundierten Konzepten gesetzt werden müssen, um sie einer Kategorie zuzuordnen. Durch dieses Verfahren können u.a. sogenannte

Verkettungslogiken von Interaktionen untersucht werden (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 52), da die sich aufeinander beziehenden und bedingenden Interaktionen im Fokus der Analyse stehen. Seidel und Thiel (2017) arbeiten heraus, dass i.d.R. nur durch hoch-inferente Codierungen für den Unterricht relevante komplexe Zusammenhänge wie Lernentwicklungen, Verhalten, didaktische Passung von Materialien etc. verdeutlicht werden können (S. 7).

In der vorliegenden Arbeit wurden beide Varianten verwendet. Das konkrete methodische Vorgehen wird in 10.4 näher dargestellt.

### **10.3.1 Validität der codierten Videodaten**

Bei einer videographischen Forschung werden, wie auch bei anderen qualitativen Forschungsverfahren, die harten methodischen Standards durch Anpassungen einiger Aspekte abgeschwächt. Deswegen spielt, wie bei der qualitativen Inhaltsanalyse, die Intercoderreliabilität eine entscheidende Rolle, um Ergebnisse in Bezug auf ihre Qualität beurteilen zu können (Mayring, 2015, S. 53). Auch bei dieser Arbeit wurde die Analyse des gesamten Videomaterials von mehreren Personen unabhängig voneinander durchgeführt. Die Ergebnisse wurden dann miteinander verglichen. Da die Intercoderreliabilität quasi ein Maß für die Unabhängigkeit der Beobachtungsergebnisse von der codierenden Person darstellt, wird der Grad der Objektivität ermittelt. Gleichzeitig können Aussagen über die Reliabilität, d.h. über die Genauigkeit des Verfahrens, getroffen werden, weil die qualitative Inhaltsanalyse eine Kombination von codierenden Personen und dem Kategoriensystem darstellt (Mayring, 2015, S. 53). Mayring (2015) weist bei der Einschätzung der Intercoderreliabilität darauf hin, dass codierende Personen sprachliches Material üblicher Weise unterschiedlich interpretieren (S. 124). Wenn neben verbalsprachlichen Äußerungen zusätzlich nonverbale wie Mimik, Gestiken, Gebärden, Muskeltoni und Handlungen analysiert werden, ist eine hohe Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der codierenden Personen schwerer zu erreichen. Daher ist die Aussagekraft der Intercoderreliabilität umstritten (Mayring, 2015, S. 124).

Weil die Hauptgütekriterien der quantitativen Forschung nicht auf qualitative Forschungsmethoden übertragbar sind, wurden für diese Methoden eigene entwickelt. Dazu gehören z.B. „Verfahrensdokumentation, argumentative Interpretationsabsicherung, Nähe zum Gegenstand, Regelgeleitetheit, kommunikative Validierung und Triangulation“ (Mayring, 2015, S. 125). Im Glaubwürdigkeitsmodell, basierend auf Lincoln & Guba (1985), werden darüber hinaus Vertrauenswürdigkeit, Übertragbarkeit, Zuverlässigkeit und Bestätigbarkeit genannt (Döring & Bortz, 2016a, S. 108 ff.). Kuckartz (2018) ergänzt intersubjektive Nachvollziehbarkeit sowie

Auditierbarkeit und betont, dass die Gütekriterien nicht nur beim Analyseverfahren berücksichtigt werden sollten, sondern während des ganzen Forschungsprozess (S. 202). Für die Inhaltsanalyse wurden spezifische Gütekriterien entwickelt. Krippendorff (1980) hat die zentralsten formuliert und deren Zusammenhang visuell dargestellt (s. Abb. 22).

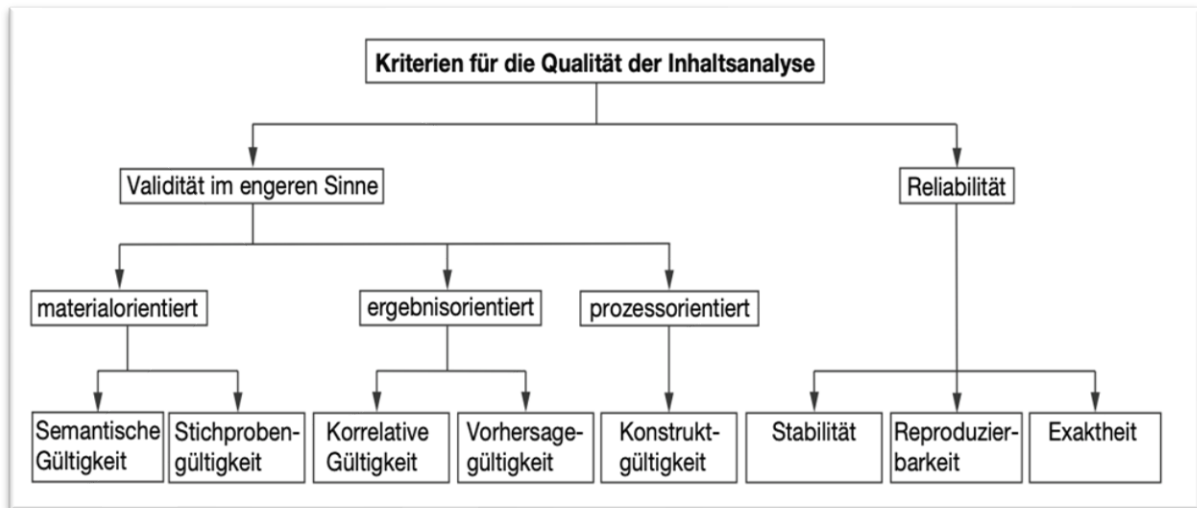


Abb. 22: inhaltsanalytische Gütekriterien entnommen aus Krippendorff, 1980, S. 158

Neben den Gütekriterien gibt es Strategien, um die Qualität qualitativer Forschung einzuschätzen. Dazu gehören z.B. Diskussionen mit Expertengruppen sowie die Überprüfung u.a. des Kategoriensystems, ein ausgedehnter Aufenthalt im Forschungsfeld, regelmäßiger Austausch mit anderen Forschenden, Rückkopplungen mit den Probanden, Selbstreflexion, Überprüfung der Interpretationen sowie der Vermutungen oder, regelmäßig den Stand der Arbeit in Rahmen von Forschungskolloquien und Konferenzen zu präsentieren und zu begründen (Döring & Bortz, 2016a, S. 109; Mayring, 2015, S. 126; Kuckartz 2018, S. 218).

## 10.4 Konkretes methodisches Vorgehen

Im Folgenden wird das konkrete methodische Vorgehen dieser Arbeit dargestellt. Dabei werden die Genehmigung der Videoaufzeichnungen sowie deren Durchführung beschrieben. Außerdem werden die Analyse der Videoaufzeichnungen mittels Qualitativer Inhaltsanalyse und die dabei einzelnen ausgeführten Schritte geschildert.

### 10.4.1 Genehmigungsverfahren für die Videoaufzeichnungen

Im vorliegenden Forschungsprojekt wurden in einem ersten Schritt die beteiligten Lehrkräfte, dann die jeweilige Schulleitung informell angefragt. Nachdem sie mündlich ihr Einverständnis gegeben hatten, wurden die Lernenden und deren Bezugspersonen und/oder Unterschriftsbevollmächtigten wie Eltern, Erziehungsberechtigte und/oder rechtliche Betreuungspersonen in einem Schreiben über das Forschungsvorhaben informiert (s. Abb. 23). Gleichzeitig wurde schriftlich versichert, dass keine weiteren personenbezogenen Daten erhoben sowie keine personen-, klassen- oder schulidentifizierenden Daten veröffentlicht oder an Dritte weitergegeben werden, sodass eine Rückführung auf reale Personen durch Dritte weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Ferner wurde zugesichert, dass die Videos nicht auf privaten Geräten abgespeichert werden, sondern nur die forschende Person Zugriff auf die Dateien hat.

Neben dem Informationsschreiben wurde der persönliche Kontakt zu den Lernenden und deren Bezugspersonen und/oder Unterschriftsbevollmächtigten gesucht. In der ersten Schule fand dies im Rahmen eines Elternsprechtages statt, in der zweiten im Zusammenhang mit einer Informationsveranstaltung zu einer anstehenden Klassenfahrt. Danach wurden neben den beteiligten Lehrkräften und Integrationshelfenden die Lernenden und – falls diese nicht geschäftsfähig waren – deren unterschriftsbevollmächtigte Person um ein schriftliches Einverständnis für die Videoaufzeichnungen gebeten. Darüber hinaus konnten sie entscheiden, ob Videoaufnahmen, Standbilder und Transkripte ausschließlich zweckgebunden für das Forschungsvorhaben oder zusätzlich für Fachtagungen, Fortbildungen oder Workshops sowie in Veranstaltungen im Rahmen der Lehramts(aus-) und Weiterbildung verwendet werden dürfen. Neben den Optionen „Ja“ oder „Nein“ gab es die Möglichkeit anzukreuzen, dass der Name übertönt und/oder das Gesicht verpixelt wird. Die Einverständniserklärung kann zu jedem Zeitpunkt widerrufen oder abgeändert werden (s. Anhang 10).

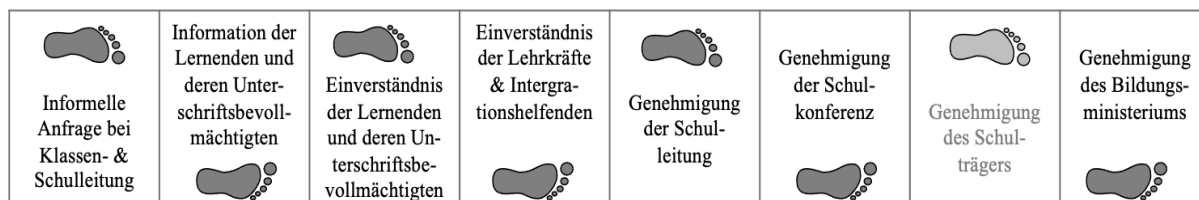


Abb. 23: mehrschrittiges Genehmigungsverfahren für die Videoaufzeichnung – eigene Darstellung



Nachdem alle informiert waren, wurden schrittweise die jeweilige Schulleitung, die Schulkonferenz, im Fall der ersten Schule der Schulträger, und am Ende das Ministerium (MSB NRW) um die schriftliche Zustimmung zur Videoaufzeichnung und deren Verwendung angefragt. Dabei wurde zugesichert, wenn Lernende (auch wenn sie noch nicht volljährig waren oder nicht für geschäftsfähig erklärt wurden), deren Eltern, Erziehungsberechtigten und/oder rechtliche Betreuungspersonen nicht in die Videoaufzeichnung eingewilligt haben, in Anlehnung an Waldis et al. (2007) in einen toten Winkel der Kamera oder in einen Nebenraum zu setzen (S. 164).

Auch die an der Datenaufbereitung und -analyse beteiligten Personen unterzeichneten eine Erklärung, in der sie sich verpflichteten, die zugesicherten Maßnahmen zum Datenschutz einzuhalten und keine personenbezogenen Informationen weiterzugeben. Die Videoaufzeichnungen wurden, entsprechend der Vereinbarung in der Einverständniserklärung, so auf einem Server der Universität gesichert abgespeichert, dass nur die forschende Person Zugriff auf die Dateien hat. Auf Anfragen können die Videoaufzeichnungen für weitere Forschungs- und, wenn die Zustimmung vorliegt, auch für Ausbildungszwecke gezeigt werden. Ferner wurde nicht mit privaten Geräten gearbeitet, sondern ausschließlich mit denen der Universität zu Köln.

Von 20 angefragten Lernenden bzw. deren Unterschriftsbevollmächtigten haben zwei ihre Einverständniserklärung zur Videoaufzeichnung nicht gegeben, was als niedrige Quote einzustufen ist.

### **10.4.2 Durchführung der Videoaufzeichnungen**

Bei dem vorliegenden Forschungsprojekt wurden aus erhebungsmethodischen Gründen Tablets (inklusive Stativ) als Kameras eingesetzt, die jeweils möglichst viel vom Unterrichtsgeschehen filmen sollten. Um die Invasivität gering zu halten, fanden die Aufnahmen im regulären Klassenzimmer statt, d.h., sie wurden in den Schulalltag integriert. Die Lernenden wurden nicht umgesetzt. Es wurden Kamerastandorte gewählt, die möglichst viele von ihnen zeitgleich erfassen. Wichtig war, dass sie von vorne oder der Seite zu sehen waren, ebenso wie deren Arbeitsplatz, damit Handlungen sowie nonverbale Äußerungsmodalitäten aufgezeichnet wurden. Um eine optimale akustische Tonqualität zu erhalten, wurden auf die Tablets externe digitale Stereo-Kondensatormikrofone gesteckt.

Die Kameras und Mikrofone wurden vor Unterrichtsbeginn aufgestellt, eingeschaltet und während des Unterrichts nicht verstellt oder von Personen geführt. Folglich reduzierte sich die Anzahl von fremden Personen, die die Situation beeinflussen konnten, und es entstanden keine



Störungen. Diese Maßnahmen unterstützten die Vermeidung von Kameraeffekten. Damit sich einerseits alle beteiligten Personen an die Situation gewöhnen konnten und, um andererseits den optimalen Kammerstandort und Blickwinkel zu ermitteln, wurden vor der Erhebung andere Unterrichtsstunden videografiert. Bei der Wahl der endgültigen Kamerapositionen wurde darauf geachtet, den Unterricht und die agierenden Personen möglichst wenig zu stören. Ferner wurden jeweils bestimmte Rituale übernommen. Näheres dazu wird in 11.3 und 12.2 beschrieben. Darüber hinaus wurden alle Beteiligten gebeten, so natürlich wie möglich zu agieren.

Um die Unterrichtssituation sowie das individuelle Verhalten der Lernenden möglichst valide und reliabel zu erfassen, wurde in Anlehnung an Petko (2003) nicht nur eine Unterrichtsstunde, sondern eine aus fünf Doppelstunden bestehende Reihe videografiert (S. 269). Auf diese Weise können z.B. die Handlungsstrategien der einzelnen Lernenden beim Umgang mit dem eBook sowie beim Experimentieren erfasst werden. Des Weiteren wurde bei den Unterrichtsstunden in Bezug auf folgende Faktoren auf Konstanz geachtet: Ablauf, Aufbau der eBooks, Unterrichtsinhalte in beiden Durchgängen, Materialien, Anzahl der beteiligten Lehrkräfte, Alter und Schulstufe, Zeitpunkt der Videoaufzeichnungen im Schuljahr etc., um eine möglichst hohe Standardisierung und somit Vergleichbarkeit der einzelnen Stunden (Mikrozyklen) und der Reihen (Mesozyklus) (s. 2.5.2) zu erreichen. Nach jedem Mikrozyklus gab es, basierend auf den Beobachtungen sowie den Rückmeldungen von Lernenden und Lehrkräften, z.T. kleinere Anpassungen. Eine formative Evaluation fand jeweils nach Beendigung des jeweiligen Mesozyklus statt. Zwischen beiden Mesozyklen wurden die Materialien modifiziert und weiterentwickelt mit dem Ziel, dass die Lernenden möglichst eigenständig arbeiten und somit am Unterricht teilhaben können. Dies wird en détail in 11.9 für den ersten sowie für den zweiten Mesozyklus in 12.9 beschrieben.

### **10.4.3 Analyseschritte**

Durch die Videoaufzeichnungen der jeweiligen Mesozyklen sind insgesamt 32h, 58min, 16sec Datenmaterial entstanden. Diese wurden nach der *Qualitativen Inhaltsanalyse* analysiert und ausgewertet. Da es verschiedene Varianten dieser Methode gibt, wurde in Anlehnung an Schreier (2014, o.S.) das Konzept des Werkzeugkastens angewandt. Dieses sieht vor, verschiedene Varianten der Qualitativen Inhaltsanalyse miteinander zu kombinieren. An jeder Stelle des Ablaufschemas stehen verschiedene Optionen zur Auswahl. Aus diesen kann ausgesucht werden, „die zu der jeweiligen Forschungsfrage und dem jeweiligen Material am besten

passen“ (Schreier, 2014, o.S.). Die vorliegende Arbeit orientiert sich hauptsächlich an Mayring (2015) und Kuckartz (2018). Diese beiden Varianten der Qualitativen Inhaltsanalyse wurden verknüpft. Das konkrete Ablaufschema (s. Abb. 24) der Analyse wird im Folgenden erläutert.

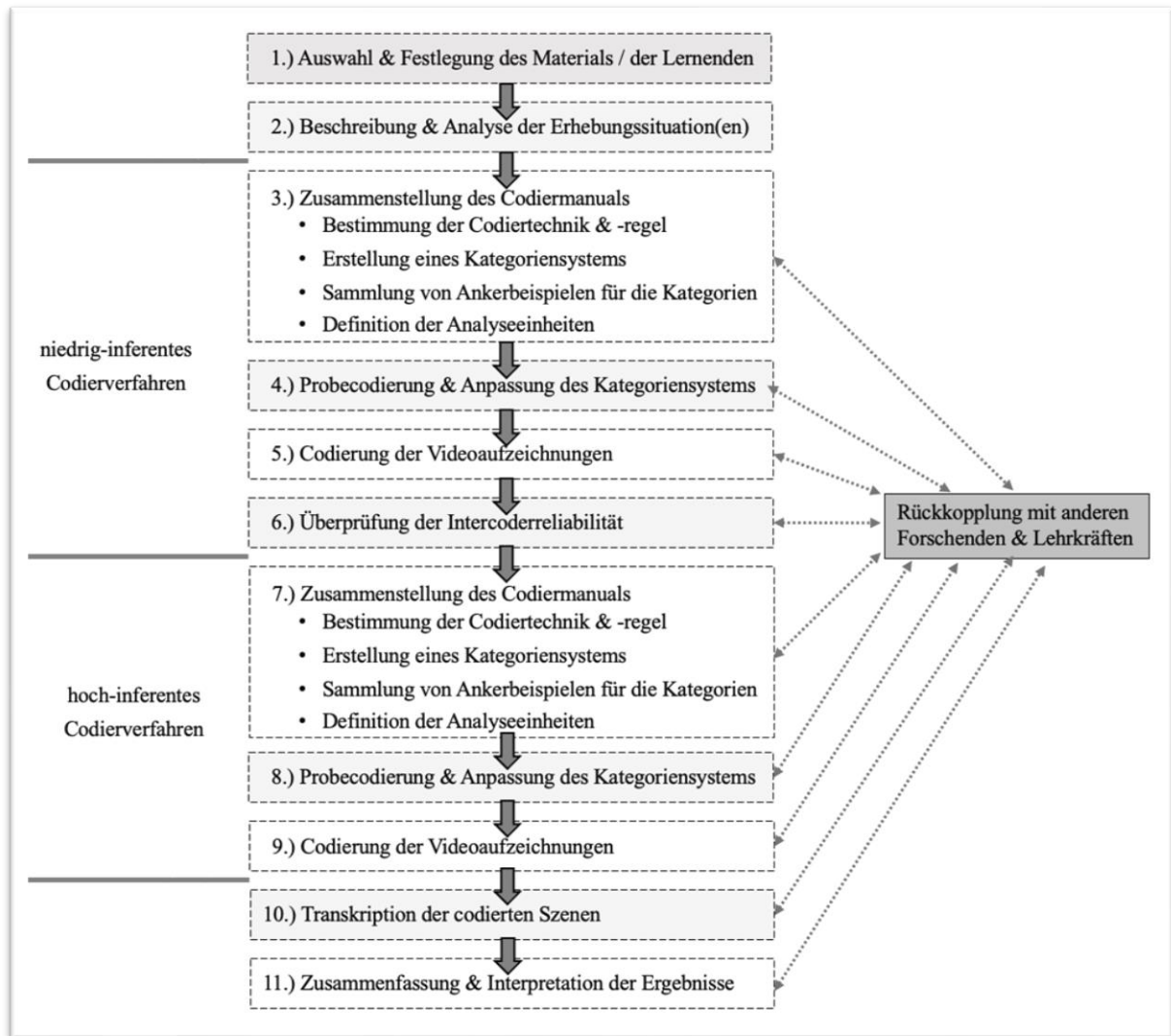


Abb. 24: Ablaufschema der durchgeführten qualitativen Inhaltsanalyse – eigene Darstellung

### 10.4.3.1 Auswahl und Festlegung des Materials sowie der Lernenden

Aufgrund der Materialmenge musste vor der Analyse gemäß der Zielsetzung eine Auswahl getroffen werden, da im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht alle Daten in Gänze analysiert werden konnten. Es wurden nur die Lernenden in die Analyse einbezogen, die nicht eins-zu-eins mit einer Lehrkraft oder einer integrationshelfenden Person gearbeitet haben. Dadurch hat sich die Anzahl von 18 Lernenden auf 13 reduziert.

### **10.4.3.2 Beschreibung und Analyse der Erhebungssituation(en)**

Die Lernenden werden mit ihren individuellen Lernvoraussetzungen in 11.1 und 12.1 beschrieben, ebenso die jeweilige Unterrichtssituation, das beteiligte pädagogische Personal, besondere Vorkommnisse etc.

### **10.4.3.3 Niedrig-inferentes Codierverfahren**

Im nächsten Schritt wurde die Codiertechnik festgelegt. In Anlehnung an Waldis et al. (2007) sind in einem ersten Analyseschritt alle Videoaufzeichnungen durch niedrig-inferente Codierungen vollständig erfasst. Dabei wurde das sogenannte timed-event-sampling oder auch timed-event-recording angewendet, d.h., jedes Auftreten bestimmter definierter Verhaltensweisen (s. Anhang 13) und deren präzise Anfangs- und Endzeitpunkte wurden festgehalten (Appel & Rauin, 2016, S. 133). Des Weiteren wurde das gleichzeitige bzw. überlappende, also das simultane Auftreten verschiedener Verhaltensweisen, codiert. Bei der niedrig-inferenten Codierung wurden die Unterrichtsstunden gleichzeitig in Bezug auf das Interaktionsmuster (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 54) in drei Abschnitte variabler Länge segmentiert: Plenarphasen zu Beginn – Experimentier- bzw. Arbeitsphase – Plenarphasen zum Ende. Basierend auf der Fragestellung wurden die Videoaufzeichnungen mithilfe des Kategoriensystems primär inhaltlich strukturiert und die definierten Kategorien überprüft, um alle Aspekte zu extrahieren. Dadurch werden aus den Videoaufzeichnungen gleichzeitig numerische Daten erzeugt, indem festgehalten wird, ob ein Verhalten auftritt. Mithilfe dieser numerischen Daten können Häufigkeiten ermittelt und durch die Zeitangaben weitere Rückschlüsse gezogen werden, wie Zusammenhänge und Veränderungen der Häufigkeit (Dinkelaker, 2016, S. 57 f.).

Im Folgenden werden für die niedrig-inferente Codierung die Erstellung sowie das Kategoriensystem beschrieben. Außerdem werden das Programm *Interact*, mit dem die Codierung durchgeführt wurde, skizziert und die Überprüfung der Intercoderreliabilität dargestellt.

#### **10.4.3.3.1 Zusammenstellung des Codiermanuals und Erstellung des Kategoriensystems**

Für die niedrig-inferente Codierung wurden die Kategorien und somit das Kategoriensystem hauptsächlich deduktiv bzw. a priori (Kuckartz, 2018, S. 64) entwickelt. Es basiert auf „*time on task*“, d.h. der ‚echten‘ produktiven Lernzeit. Es ist also ein Maß für Teilhabe am Unterricht und für Lerngelegenheiten, um neues Wissen und neue Werte, Fähigkeiten, Einstellungen oder Kenntnisse zu erwerben (Appel & Rauin, 2016, S. 139). Die deduktiven Kategorien umfassen auch *time off task*-Situationen, um zu ermitteln, was die Ursache für die Beschäftigungsunter-

brechung war und welche Maßnahmen dazu führten, dass die Lernenden sich wieder aktiv mit der Lernaufgabe auseinandergesetzt haben. Dadurch sollen die Funktionalität der umgesetzten Gestaltungsprinzipien sowie noch vorhandene Herausforderungen und Barrieren identifiziert werden.

Beim Codieren des Materials wurden einzelne Kategorien induktiv aus den Videotranskripten gewonnen sowie deduktive Kategorien überarbeitet und verfeinert, also deduktiv-induktiv gebildet (Kuckartz, 2018, S. 95). Damit die Analyseergebnisse vergleichbar und somit auswertbar sind, müssen die Kategorien operationalisierbar sein. Dies ist gewährleistet, wenn das Kategoriensystem „disjunkt, plausibel, erschöpfend, gut präsentierbar und kommunizierbar“ (Kuckartz, 2018, S. 85) ist. Disjunkt bedeutet: Eine Codiereinheit kann in jeder Hauptkategorie ausschließlich einer Kategorie zugeordnet werden. Dafür sollte jede Kategorie bezeichnet und definiert bzw. inhaltlich beschrieben sowie mit ein(em) oder mehrere(n) eindeutigen Ankerbeispiel(en) und Codierregeln für uneindeutige Fälle gestützt werden (Kuckartz, 2018, S. 37).

Außerdem wurden die Codiertechnik sowie die formulierten -regeln in einem Codiermanual festgehalten, um die Videoaufzeichnungen systematisch und einheitlich zu filtern. Die Regeln enthalten neben allgemeinen auch spezifische, um Textstellen einzelnen Kategorien eindeutiger zuordnen zu können (Mayring, 2015, S. 98). Das Kategoriensystem mit den Ankerbeispielen für die niedrig-inferente Codierung befindet sich im Anhang 13.

#### **10.4.3.3.2 Probecodierung und Anpassung des Kategoriensystems**

Nach einer Einweisung in das Kategoriensystem und die Codiertechnik wurden zu Beginn der Auswertung in Anlehnung an Waldis et al. (2007) einige Videoausschnitte mithilfe des deduktiv entwickelten Kategoriensystems von jeder codierenden Person probeweise niedrig-inferent codiert. Die Codierenden waren zwei Personen, die nicht an der Forschung beteiligt waren sowie die forschende Person. Die Ergebnisse wurden nach der Probecodierung miteinander verglichen. Dabei wurden, im Sinne der inhaltsanalytischen Realitätsbestimmung, einerseits induktive Kategorien ergänzt, andererseits Besonderheiten sowie Un-Reliabilitäten besprochen (Mayring, 2008, S. 12 ff). Darauf basierend, wurde z.B. das Kategoriensystem überarbeitet: unklare Kategorien wurden präziser definiert, klarer voneinander abgegrenzt und/ oder mit (weiteren) Ankerbeispielen gestützt. Das gesamte Videomaterial wurde danach mit dem überarbeiteten Kategoriensystem niedrig-inferent codiert, und zwar unabhängig und nur von den beiden Personen, die nicht an der Forschung beteiligt waren. Falls während der Codierung Fälle

auftraten, bei denen das abgestimmte Kategoriensystem nicht angewendet werden konnte, wurden diese gemeinsam, teilweise mit der forschenden Person, besprochen und codiert.

#### **10.4.3.3 Codierung der Videoaufzeichnungen mit *Interact***

Für die niedrig-inferente Codierung und deren Analyse wurde das Programm *Interact* verwendet. Damit können *Events*, d.h. codierte Szenen, entweder mit einem singulären Zeitwert oder, wie bei der vorliegenden Arbeit, mit Start- und Endzeiten codiert werden. (Breitenbach & Appel, 2016, S. 157). Auf der Nutzeroberfläche von *Interact* befindet sich neben dem Hauptfenster mit den erfassten Daten sowie den wichtigsten Bedienelementen des Programms ein Fenster mit dem eingelesenen Video sowie ein weiteres, um das Video und den Codiervorgang zu steuern. Letztere können flexibel bewegt werden. Für die Codierung kann einer bestimmten Kategorie eine Taste auf der Tastatur zugeordnet werden, sodass beim Erfassen der Events die entsprechende Taste so lange gedrückt gehalten wird, wie das entsprechende Ereignis auftritt. Es können gleichzeitig bzw. überlappend mehrere Tasten gedrückt und somit simultane Ereignisse codiert werden. Alle codierten Events werden bei *Interact* in einer Tabelle untereinander mit ihren Zeitangaben gelistet. Es besteht die Möglichkeit, den Events sogenannte Gruppen und Sets, d.h. Untergliederungen, zuzuordnen, sich nur diese anzeigen zu lassen und somit eine bessere Übersicht zu haben. Gleichzeitig können mehrdimensionale Kategoriensysteme abgebildet werden. Außerdem können Zeitintervalle in einer selbstbestimmten Länge festgelegt und definierte Abschnitte automatisch erzeugt werden (Breitenbach & Appel, 2016, S. 159). Die Ergebnisse der Segmentierung und Codierung, d.h. die Kategorienausprägungen im Verlauf der videografierten Unterrichtsstunden und -reihen, wurden in Diagrammen visualisiert. *Interact* kann auch die Prozentanteile von Kategorien in Bezug auf die Gesamtlänge der Videoaufzeichnungen bereitstellen. Dies erleichtert die Analyse des jeweiligen zeitlichen Umfangs der detektierten Kategorien, der Interaktionsabläufe und Häufigkeiten generell sowie der verschiedenen Unterrichtsphasen. Außerdem können bei der Analyse der Videosequenzen mithilfe des Zeitdiagramms Videosequenzen mit kontrastierenden und ähnlichen Interaktionsabläufen sowie Phasen ohne Verhaltensweisen auf der destruktiven Ebene einfacher ausgemacht werden, um die Ergebnisse zu erweitern. In den Zeitdiagrammen wurden bewusst die Unterrichtsinhalte sowie die thematischen Unterrichtsverläufe ausgeklammert, um durch das Verfremdungspotenzial den wissenschaftlichen Blick auf die formalen Strukturen der Interaktionen zu lenken (Herrle & Dinkelaker, 2016, S. 104).

#### **10.4.3.3.4 Überprüfung der Intercoderreliabilität**

Zur Berechnung der Intercoderreliabilität, die auch als zentrales Gütekriterium für Beobachtungsinstrumente gilt (Appel & Rauin, 2016, S. 144), wurden zunächst die Zuordnungen der Kategorien bei den einzelnen Lernenden jeweils miteinander verglichen. Anschließend wurde ein Gesamtübereinstimmungsmaß (0.68 Cohens Kappa) ermittelt (errechnet über die Kategorisierungen von zwei Lernenden à fünf Doppelstunden).

Diese Übereinstimmung wird dennoch als akzeptabel betrachtet, weil die Lernendenäußerungen teilweise sehr schwer verständlich. Hinzu kommt, dass hauptsächlich Handlungen codiert wurden. Diese werden unterschiedlich wahrgenommen und interpretiert, sodass eine hohe Übereinstimmung zwischen den codierenden Personen schwerer zu erreichen ist (Mayring, 2015, S. 124).

#### **10.4.3.4 Hoch-inferentes Codierverfahren**

Im Anschluss an die niedrig-inferente Codierung wurden in einer zweiten Sichtung die jeweiligen Experimentier- bzw. Arbeitsphasen sämtlicher Videoaufzeichnungen hoch-inferent codiert. Dadurch sollten Szenen identifiziert werden, anhand derer die Forschungsfrage bestmöglich beantwortet werden kann (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 77). Da zur Beurteilung der Forschungsfrage nur die Unterrichtssituationen relevant sind, in denen die Lernenden mit eBooks gearbeitet haben, begründet sich die Konzentration auf die Experimentier- bzw. Arbeitsphasen.

##### **10.4.3.4.1 Zusammenstellung des Codiermanuals und Erstellung des Kategoriensystems**

Basierend auf dem Forschungsvorhaben Teilhabe für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren zu erhöhen, wurden deduktiv Kategorien aus der Literatur hergeleitet, d.h. basierend auf den theoriebasierten Gestaltungsprinzipien sowie der Barriersystematisierung entwickelt. Um die Kategorien zu präzisieren und sie eindeutig voneinander abzugrenzen, wurden Indikatoren ergänzt, die direkt beobachtbares Verhalten beschreiben. Diese wurden durch operationale Definition der jeweiligen Kategorie ermittelt. Verhalten, das z.B. der Kategorie *Hilfe anfordern* zugeordnet werden soll, kann u.a. an Folgendem erkannt werden: sich melden, proaktiv nach Hilfe oder dem nächsten Handlungsschritt fragen, Blickkontakt aufnehmen, Lehrkraft rufen, Lehrkraft Gegenstände hinhalten, Lehrkraft antippen etc.

Darüber hinaus wurden einzelne Kategorien induktiv gewonnen, d.h. aus den Videotranskripten. Deduktive Kategorien wurden beim Codieren des Materials überarbeitet und verfeinert, also deduktiv-induktiv gebildet (Kuckartz, 2018, S. 95).

Um induktiv Kategorien zu generieren, werden nach Kuckartz (2018, S. 86) i.d.R. zunächst 10 bis 50% des vorliegenden Materials verwendet. Aufgrund der geringen Anzahl von Lernenden im ersten Mesozyklus (n=5) sowie deren individuellen Lernvoraussetzungen und unterschiedlichen Kompetenzen wurde es in der vorliegenden Arbeit abweichend gehandhabt. Zur Erstellung der Unterkategorien wurde das gesamte Material genutzt. Die gefundenen Passagen des ersten Mesozyklus wurden, basierend nach dem deduktiv erstellten Kategoriensystem, einer Kategorie zugeordnet. Wenn ähnliche Passagen bei mindestens drei Lernenden gefunden wurden, wurden die Kategorie untergliedert. Diese neu entstandene Unterkategorie wurde in das Kategorienschema mit einer Bezeichnung, einer Definition und (einem) eindeutigen Ankerbeispiel(en) integriert. In einigen Fällen ist die Unterkategorie weiter in Teilkategorien aufgesplittet worden, weil die Unterkategorien entweder verschiedene Unterrichtsmaterialien wie das eBook, die Arbeitsblätter oder die Versuchsmaterialien repräsentieren, die dann wiederum in Teilkategorien wie die unterschiedlichen Gestaltungsprinzipien untergliedert wurden. In anderen Fällen wurden diverse Unterkategorien zu einer separaten neuen Unterkategorie subsumiert. Dadurch wurden die ursprünglichen Unterkategorien zu Teilkategorien.

Da die Lernenden sehr heterogen waren, sind Kategorien teilweise untergliedert worden, wenn bestimmte Phänomene mehrfach (mindestens fünfmal) in einer Stunde oder in der gesamten Reihe aufgetreten sind. Beispielsweise konnten im ersten Mesozyklus nur zwei Lernende sinnentnehmende Texte lesen. Daher konnten Phänomene, die sich auf die Gestaltung der schriftlichen Anweisungen zurückführen lassen, per se nicht bei mindestens drei Lernenden auftreten. Auf diese Weise ergab sich nach und nach aus dem Material das Kategoriensystem aus Haupt-, Unter- und Teilkategorien (Kuckartz, 2018, S. 38. Dieses befindet sich im Anhang 14 und wird im Folgenden näher beschrieben.

In der Hauptkategorie *Funktional* wurden alle Ereignisse codiert, die sich darauf zurückführen lassen, dass die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung funktionieren und die Lernenden selbstständig experimentieren können. Zum Experimentieren zählen folgende Arbeitsschritte: die entsprechenden Materialien holen, damit den Versuch aufbauen, den Versuch durchführen – teilweise mit Variablenveränderungen –, die Versuchsergebnisse beobachten und notieren.



Codes wurden in dieser Hauptkategorie vergeben, wenn sich die Lernenden aus eigener Initiative über den nächsten Arbeitsschritt im eBook informiert und diesen entsprechend ausgeführt haben. Dazu zählen die Nutzung der schriftlichen Arbeitsanweisungen, der Piktogramme im eBook, der Audiodateien, der Fotos und Videos, die die einzelnen Handlungsschritte mit den, von den Lernenden verwendeten Versuchsmaterialien darstellen. Außerdem gibt es die Teilkategorie *Multimedialer Zugang*, die codiert wurde, wenn Lernende zur Ausführung einer Handlung mehrere Zugänge genutzt haben.

In der Hauptkategorie *Kompetenzen* wurden alle Ereignisse codiert, in denen die Lernenden explizit vorhandene Kompetenzen bzw. einen Kompetenzzuwachs durch Äußerungen oder Handlungen zeigten. Einige der codierten Kompetenzen lassen sich nicht eindeutig auf die Gestaltungsprinzipien zurückführen. Dazu zählen beispielsweise die Unterkategorien *Hilfe anfordern*, *eBook Bedienung* und *eBook als Unterrichts- bzw. Hilfsmittel*. Aufgrund ihrer Schulerfahrung sollten die Lernenden wissen, dass Unterrichtsmaterialien helfen können, sich eigenständig eine Aufgabe zu erschließen. Tablets oder ein Smartphone haben einige Lernende vermutlich vorher bereits bedient, sodass sie diese Kompetenzen abrufen bzw. vom Handy auf das Tablet transferieren können. Indirekt haben die Gestaltungsprinzipien bzw. die danach designten eBooks dazu beigetragen, dass die Lernenden die codierten Kompetenzen abrufen konnten. Andere Kategorien wie *Versuchsaufbau*, *Versuchsergebnis* und *(Handlungs-)Wissen* lassen sich eindeutig auf die Funktionalität der Gestaltungsprinzipien bzw. deren gelungene Umsetzung zurückführen, da die Lernenden ohne diese weder die Versuche aufbauen, durchführen, die Ergebnisse beobachten, noch ihre Handlungen explizieren konnten. Zur Unterkategorie *(Handlungs-)Wissen* wurden alle Kompetenzen gezählt, die einen direkten Bezug zu dem jeweiligen Versuch haben, d.h. zu dessen Aufbau und Durchführung. Allgemeine, fachübergreifende Kompetenzen wie lesen, konzentriert arbeiten, Frustrationstoleranz etc. wurden nicht codiert.

Um leichter Rückschlüsse auf Herausforderungen in Bezug auf die Gestaltungsprinzipien ziehen zu können, wurden die Hauptkategorie *Barrieren* in Anlehnung an Krönig (2015) in die Unterkategorien *Verortung im Selbst*, *Verortung in Funktionssystemen*, *Verortung in Kommunikation/Interaktion* und *Verortung in der Umwelt* untergliedert. In der Unterkategorie *Verortung im Selbst* sind alle Barrieren codiert worden, die sich „im eigenen So-und-nicht-anders-Sein verorten“ (Krönig, 2015, S. 42) lassen. Dazu gehören z.B. affektive Barrieren wie fehlende Motivation oder Interesse in Bezug auf das Unterrichtsthema, individuelle Vorstellungen, die auf Alltagserfahrungen beruhen, sowie kognitive und physische Barrieren (Stinken-Rösner &



Abels, 2021, S. 166). Daneben gibt es rechtliche, ökonomische, organisatorische und formale Zugangsbarrieren, die Exklusion schlechthin verkörpern. Das jeweilige Exklusionskriterium gilt als Barriere und wird der Unterkategorie *Verortung in Funktionssystemen* zugeordnet. Barrieren, die z.B. darauf zurückzuführen sind, dass ein Sprachregister und/oder Begriffe verwendet werden, die nicht alle verstehen, wurden der Unterkategorie *Verortung in Kommunikation/Interaktion* zugeordnet. Zu dieser zählen, u.a. Kommunikationschancen, in denen bestimmte Personen immer häufiger partizipieren können als andere (Krönig, 2015, S. 42). Barrieren, die z.B. auf den Erfahrungsraum der Lernenden, auf die konkreten Lerngegenstände des Faches bzw. der Stunde, auf die vorhandene Ausstattung und Einrichtung des Raums oder auf die spezifischen Denk- und Arbeitsweisen zurückzuführen sind, wurden in der Unterkategorie *Verortung in der Umwelt* codiert.

In der Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren* wurden Situationen codiert, bei denen die Lernenden Schwierigkeiten hatten oder nicht kompetent waren, Hilfe bzw. Unterstützung zu suchen. Dazu gehört z.B. die Unterkategorie *Raten*, wenn die Lernenden keine richtigen bzw. zielführenden Antworten gegeben oder Handlungen ausgeführt haben. Diese Unterkategorie unterscheidet sich von der Unterkategorie *Ausprobieren*. Hier wurden Codes z.B. vergeben, wenn sich die Lernenden an vorherige Versuchsvarianten erinnerten, dann den Versuch entsprechend umbauten, um diese auszuprobieren.

Zu den Hauptkategorien gehört auch die Kategorie *Lehrkraft initiiert Hilfe*. Hier wurden Situationen codiert, in denen nicht gesagt werden kann, ob die Lernenden z.B. durch nicht erfasste Handlungen, Gestiken oder Mimik der Lehrkraft Hilfe- bzw. Unterstützungsbedarf signalisiert oder ob die Lehrkräfte eigenmächtig Hilfe initiiert haben. Daher kann nicht nachvollzogen werden, ob die Lernenden ggf. eine Schwierigkeit hatten, den nächsten Handlungsschritt selber auszuführen oder ob sie es mithilfe des eBook bzw. aufgrund ihres Handlungswissens problemlos geschafft hätten. Diese Situationen wurden bewusst in einer eigenen Hauptkategorie erfasst, weil mithilfe dieser Rückschlüsse über die Eigeninitiative, Selbstständigkeit und somit Teilhabe der Lernenden gezogen werden können.

Eine Kategorie wurde als *Sonstiges* titulierte. Aus dort zugeordneten Textstellen könnte(n) sich (eine) weitere Kategorie(n) ergeben (Kuckartz, 2018, S. 70). Alternativ könnten mehrfach aufgetretene Phänomene Anlass für weitere Forschungsfragen liefern.

#### **10.4.3.4.2 Überarbeitung und Anpassung des Kategoriensystems**

Die Anwendung dieses Kategoriensystems im Rahmen einer hoch-inferenten Codierung impliziert eine explizite Interpretation der codierenden Person. Daher sind eine Expertise sowie profunde Kenntnisse wie z.B. über die Lerngruppe, den Bildungsgang, Gebärden (UK), fachdidaktisches und fachlich-physikalisches Wissen äußerst relevant (Petko et al., 2003, S. 276). Deswegen erfolgte diese zweite Sichtung der Videoaufzeichnungen, die Zuordnung zu Kategorien und die Analyse dieser Sequenzen ausschließlich durch die forschende Person. Dabei wurde die Strategie der Subsumtion (Mayring, 2015, S. 87) angewandt, d.h. die Videoaufzeichnungen wurden hinsichtlich des Forschungsanliegens hoch-inferent codiert. Bei relevanten Szenen wurde entschieden, ob diese einen neuen Aspekt darstellen und somit eine weitere Kategorie gebildet werden musste oder ob sie einer bereits vorhandenen zugeordnet, also subsumiert werden konnten. Auf diese Weise wurde das Kategoriensystem kontinuierlich überarbeitet, angepasst und nicht einmalig im Rahmen einer Probekodierung erstellt (Schreier, 2014, o.S.).

Die Konstruktion der Kategorien sowie deren Anwendung, d.h. die hoch-inferente Codierung, wurden mit anderen forschenden Personen und Lehrkräften mehrfach rückgekoppelt (s. 10.4.3.8).

#### **10.4.3.4.3 Codierung der Videoaufzeichnungen**

Die Codierung der Videoaufzeichnungen basierte auf dem Forschungsanliegen, d.h. der Wirksamkeit der Gestaltungsprinzipien, die primär im eBook umgesetzt wurden, aber auch in Arbeitsblättern. Daher wurden die Phasen einbezogen, in denen die Lernenden mit dem eBook gearbeitet, experimentiert und Arbeitsblätter ausgefüllt haben. Es wurden alle Szenen codiert in denen die Lernenden explizit wahrnehmbar ein Gestaltungsprinzip genutzt haben wie z.B. Audiodateien statt der textbasierten Anleitung. Außerdem wurden Szenen codiert, in denen die Umsetzung der Lernaufgabe für die Lernenden herausfordernd war, sie gar auf Barrieren gestoßen sind oder um Hinweise bzw. Unterstützung durch pädagogisches Personal oder Mitlernende benötigten. Die Wirkung der Gestaltungsprinzipien wurde, basierend auf den explizit wahrnehmbaren Handlungen der Lernenden und der Lehrkräfte sowie deren Gestiken und verbalen und nonverbalen Äußerungen, codiert. Bei allen Situationen wurde interpretiert, welchen Grund es für die Handlungen, Gestiken oder Äußerungen gab, ob sie z.B. auf die Effektivität der Gestaltungsprinzipien oder Barrieren, auf Missverständnisse oder auf stereotype Verhaltensweisen zurückzuführen und wo diese primär zu verorten sind (Krönig, 2015, S. 42). Dem-

entsprechend wurden sie in Kategorien zusammengefasst und später in der Ergebnisdarstellung ausgewertet und beschrieben.

Als kleinste Codiereinheit (Mayring, 2015, S. 61; Kuckartz, 2018, S. 41) wurden sowohl (non)verbale Äußerungen, z.B. zustimmende oder ablehnende Laute wie *ja*, *nein* oder ein zustimmendes bzw. ablehnendes *Mhm*, als auch Gebärden, Gestiken wie Achselzucken, Nicken, Kopfschütteln, Mimik wie Lächeln sowie ganzkörperorientierte Bewegungen wie Zu- oder Abwenden festgelegt. Damit diese Segmente verständlich sind, wurde – entsprechend der Forderung von Kuckartz (Kuckartz, 2018, S. 43) – die vorherige Handlung, Frage oder Aussage einbezogen, d.h., es wurden Sinneinheiten codiert. Als größte auswertbare Codiereinheit wurde das gesamte Transkript einer Szene festgelegt. Außerdem wurde berücksichtigt, dass sich Codiereinheiten überlappen bzw. dass sie verwoben sein können und der Sinnzusammenhang erhalten bleiben muss (Kuckartz, 2018, S. 43). Für jede Codiereinheit wurde der jeweilige Grund für das Beobachtete identifiziert oder interpretiert, wie z.B. Verständnisschwierigkeiten der Arbeitsaufträge oder die Identifikation und Handhabung von Materialien. Ähnliche Fälle wurden dann in Kategorien zusammengefasst und bewertet, ob die Handlungen und Äußerungen auf die Effektivität oder Ineffektivität der Gestaltungsprinzipien zurückzuführen sind. Es fand also eine Konzeptualisierung und systematische Beschreibung statt.

Auch bei diesem Codierdurchgang wurde in Anlehnung an Hecht (2016, S. 296) bewusst mit den Videoaufzeichnungen gearbeitet und nicht mit Transkripten. In denen kann nicht alles festgehalten werden und es ist vor der Auswertung noch offen, was bzw. welche Handlungen relevant sind und transkribiert werden müssen (Herrle & Dinkelaker, 2016, S. 296).

Die Videoaufzeichnungen aus dem zweiten Mesozyklus wurden mit dem erstellten Kategoriensystem ebenfalls codiert. Dabei sind bestimmte Phänomene, die nur vereinzelt im ersten Mesozyklus aufgetreten sind, im zweiten häufiger vorgekommen. Dadurch wurden teilweise neue Unter- bzw. Teilkategorien gebildet. Diese wurden erstellt, wenn ähnliche Phänomene im ersten und zweiten Mesozyklus zusammen das Kriterium von mindestens fünf Vorkommnissen oder bei mindestens drei Lernenden erfüllten. Das Kategoriensystem wurde nach dem Codieren des kompletten zweiten Mesozyklus angepasst und überarbeitet. Im Anschluss wurde das Material aus dem ersten Mesozyklus erneut codiert.

### 10.4.3.5 Transkription der codierten Szenen

Die beim hoch-inferenten Codieren identifizierten Szenen wurden in Verzahnung mit der Analyse und basierend auf der Forschungsfrage transkribiert, um die audiovisuellen Daten für die weitere Analyse greifbarer zu haben. Transkripte ermöglichen z.B., sich durch Querlesen besser zu orientieren, Szenen auf Wortebene vergleichen zu können und Ereignisse im zeitlichen Ablauf der Handlungen zu betrachten (Petko et al., 2003, S. 271). Zur Standardisierung wurden alle Transkripte nach einheitlichen, vorher definierten Regeln transkribiert (s. Anhang 15). Diese Regeln orientieren sich an denen der Arbeitsgruppe *Kognitive Mathematik* des Instituts für Mathematikdidaktik der Universität zu Köln, die im Laufe mehrerer Jahre er- und überarbeitet wurden. Da die videografierten Lernenden wenig bzw. teilweise nicht verbalsprachig kommunizieren, stattdessen einerseits Gebärden, Mimik und Gestiken einsetzen und andererseits Handlungen ausführen, wurden die Transkripte in Anlehnung an Dinkelaker (2014) mit Beschreibungen ergänzt (S. 61). Dadurch wurde die Darstellung der jeweiligen Szenen detailreicher und exakter, was wiederum die Identifikation von Zusammenhängen und Kausalitäten bei der Analyse und die Auswahl relevanter Beispielszenen für die Beantwortung der Forschungsfrage vereinfacht hat. Zusätzlich wurden die Transkripte durch Standbilder ergänzt, damit die Videosequenzen plastischer, greifbarer und somit gehaltvoller werden und um visuelle Informationen zu erhalten, die durch Sprache nur schwer dargestellt werden können. Dadurch wurden die Szenen zugänglicher gestaltet, was wiederum die Analyse erleichtert hat (Dinkelaker, 2014, S. 62). Um die ausschnittsweise Darstellung der Videoaufzeichnungen zu erweitern, die sich automatisch durch die Transkriptionen ergibt, wurden die Handlungen und Redebeiträge der jeweiligen Personen in den Transkripten mit Zeitangaben versehen, um nicht nur aufzuzeigen, was aufeinander folgt, sondern auch, in welcher Geschwindigkeit, wo es Pausen gibt und um darzustellen, was zeitgleich passiert. Dadurch können in der Analyse der Videoaufzeichnungen auch Sequenzialitäten und Simultanitäten berücksichtigt werden, z.B., wann und wie Personen in Kommunikationssituationen aufeinander mit welcher Handlung reagieren oder wie einzelne Personen ihre jeweiligen (non)verbalen Äußerungen und Handlungen in welcher zeitlichen Abfolge ausführen und koordinieren (Dinkelaker, 2014, S. 67 ff.).

Um die Anonymität und den Datenschutz der Lernenden sowie der Lehrkräfte zu gewährleisten, wurden keine Namen, sondern pseudonymisierte Codes verwendet. Bei der Vergabe der Codes für die jeweils agierende Person wurde zwischen Lehrkräften und Lernenden unterschieden. Da die Lernenden im Fokus der Forschung stehen, wurden die Lehrkräfte i.d.R. nicht näher identifiziert, es sei denn, beide Lehrpersonen waren Teil der Szene. Bei den Lernenden hinge-

gen hat jede Person einen Code zugewiesen bekommen. Um die beiden Gruppen voneinander zu differenzieren, hat jede lernende Person die Ziffer des entsprechenden Meszyklus, den Buchstaben *S* für Schüler\*in erhalten und eine individuelle Ziffer (1S1, 1S2 bzw. 2S1, 2S2 usw.).

#### **10.4.3.6 Analyse der codierten Szenen mit *MAXQDA***

Die transkribierten Szenen wurden zur Auswertung in das Programm *MAXQDA* geladen. *MAXQDA* ermöglicht, alle eingespeisten Texte als Projekt zeitgleich zu administrieren, indem einzelne Dokumente mit einem Klick aufgerufen werden können. Dadurch können – im Gegensatz zu einem händischen Verfahren – mit (Bund-)Stift(en) und Randnotizen, Textstellen direkt Kategorien zugewiesen, gruppiert und die Codes in Listen zusammengefasst werden. Alle Textstellen werden nicht nur mit ihrer jeweiligen Unterkategorie, sondern automatisch mit der entsprechenden Hauptkategorie verbunden. Die vergebenen Codes werden in einem separaten Codesystem gespeichert, was das Sortieren, Systematisieren, Vergleichen und Zusammenfassen der codierten Textstellen erleichtert (Kuckartz, 2018, S. 178). Bei Bedarf können weitere Kategorien erstellt, Textstellen als Ankerbeispiele hinterlegt und Regeln zum Codieren einer Kategorie verfasst und somit der Codierleitfaden erweitert werden.

Da die Codes immer mit ihren Textstellen, den transkribierten Szenen, verknüpft bleiben, kann bei Bedarf mit einem Klick zwischen den Daten und den Codes gewechselt werden. Des Weiteren können Textstellen, die sich z.B. widersprechen oder miteinander in Beziehung stehen, untereinander verlinkt werden. Zusätzlich besteht bei *MAXQDA* die Möglichkeit, in sogenannten Memos Gedanken und Bemerkungen festzuhalten und mit Textstellen zu verknüpfen. Für diese Memos gibt es ebenfalls ein Verwaltungssystem.

Die vergebenen Codes können mit *MAXQDA* im Rahmen der Analyse zu Hierarchien und Netzwerken gruppiert bzw. visuell dargestellt werden. Auf diese Weise lassen sich u.a. Häufigkeiten, trennscharfe Kategorien und Kategorienüberschneidungen darstellen. Überschneidungen, ebenso wie Muster von Kategorien, können mit *MAXQDA* gezielt gesucht werden. Außerdem können Kategorien in sogenannte Fallvariablen überführt und in einer Datenmatrix visualisiert werden. Dadurch wird auf einen Blick ersichtlich, ob und wie häufig bestimmte Kategorien (-muster) bei einzelnen Fällen, d.h. Personen, codiert wurden. Die Fallvariablen lassen sich in Kreuztabellen überführen, auf deren Grundlage eine Typenbildung vorgenommen werden kann (Kuckartz, 2018, S. 190).

Mit *MAXQDA* kann also im Sinne der Dokumentation sehr einfach identifiziert werden, welche Textstellen zu einer bestimmten Kategorie gehören, da pro Kategorie Listen mit den codierten

Textpassagen erstellt werden können. Dies ermöglicht zusätzlich, die Ausschnitte vor und nach der Codierung zu betrachten. Außerdem können mit *MAXQDA* die finalen Kategorien und deren zugeordnete Textstellen nachvollzogen sowie die verschiedenen Prozessschritte der Kategorienbildung und Codierung dokumentiert werden (Kuckartz, 2018, S. 180).

Nachdem alle hoch-inferent codierten und transkribierten Szenen in *MAXQDA* überführt waren, wurden sie analysiert, um die zentralen Fragen *What works?* und *What doesn't work?* in Bezug auf die Gestaltungsprinzipien beantworten zu können (Mayring, 2015, S. 67). Wenn es dabei Hinweise auf Muster gab, wurden die Erkenntnisse weiter aufbereitet und verdichtet. Bei der Analyse wurden die Lernenden personen- d.h. fallübergreifend gezielt miteinander verglichen, Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet, zentrale typische Kernaspekte zusammengefasst und ggf. generalisiert sowie Hypothesen in Bezug auf die Gestaltungsprinzipien überprüft und ggf. neue aufgestellt. Dafür wurde jede transkribierte Szene, also alle codierten Handlungen, Gestiken, verbale und nonverbale Äußerungen der Lernenden sowie des pädagogischen Personals (Lehrkräfte, Lehramtsanwärter\*innen und integrationshelfende Personen) „daraufhin betrachtet, welche inhaltlichen und/oder formalen Merkmale sie aufweist, auf welche dahinterliegenden Prozesse oder Phänomene sie hinweist, für welches übergeordnete Konzept sie ein Beispiel darstellt etc.“ (Döring & Bortz, 2016d, S. 603). Im Sinne einer thematischen Analyse wurde zusammengefasst, welche zentralen Themen oder Aspekte sich bei der untersuchten Stichprobe gezeigt haben, die zur Erkenntnisgewinnung beitragen. Die identifizierten Themen wurden im Rahmen auch quantifiziert, um u.a. Aussagen zu Häufigkeiten treffen zu können (Döring & Bortz, 2016d, S. 605). Außerdem wurden die analysierten Sequenzen in den zeitlichen Verlauf sowohl der videografierten Einheit als auch der gesamten Reihe eingeordnet, um die Ergebnisse adäquat interpretieren zu können (Herrle & Dinkelaker, 2016, S. 96). Auf diese Weise kann das Besondere und Charakteristische der jeweilig codierten Szenen herausgearbeitet und Hypothesen sowie übergeordnete Erkenntnisse in Form von *lokalen Theorien* generiert werden. Dieses hat u.a. einen positiven Einfluss auf die Ausgestaltung und Umsetzung von Unterricht und Arbeitsmaterialien und ermöglicht, zu allgemeineren Erkenntnissen zu gelangen.

#### **10.4.3.7 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse**

Bei der Interpretation der Ergebnisse wurde neben den Videoaufzeichnungen auf weiteres Material zurückgegriffen, d.h., der weitere Kontext wurde analysiert (Mayring, 2015, S. 68). Dazu

gehörten Informationen über die Lernenden z.B. aus Akten, Beobachtungen außerhalb der videografierten Unterrichtsstunden, Gespräche mit Lehrkräften sowie Informationen über Klassenrituale, die Entstehungssituation der Videoaufzeichnungen, anstehende bzw. vergangene Ereignisse in Schule, Gesellschaft und im Leben der einzelnen Personen. Durch diese weiteren Daten kann, entsprechend einer Datentriangulation, der „volle[n] Aussagewert“ (Wild, 2003, S. 100) von Videoaufzeichnungen ausgeschöpft werden.

Bei der Darstellung der Ergebnisse ist es wichtig nicht nur die Häufigkeiten der einzelnen Kategorien darzustellen. Es ist interessant, in wie vielen Fällen die Gestaltungsprinzipien effektiv waren und in wie vielen noch Barrieren und Herausforderungen registriert wurden, sowie was genau wirkungsvoll war und was nicht bzw. welche konkreten Barrieren und Herausforderungen noch existieren. Daher müssen die Ergebnisse qualitativ beschrieben und prototypische Beispiele zitiert werden (Kuckartz, 2018, S. 119). Dabei wurde sowohl auf Zusammenhänge innerhalb einer thematischen Kategorie als auch zwischen ihnen beschrieben. Es wurden in Anlehnung an Kuckartz (2018) auch Vermutungen und Interpretationen angeführt (S. 118) und diese mit anderen wissenschaftlichen Erkenntnissen rückgekoppelt. Am Ende der Ergebnisdarstellung wurden die Ergebnisse in Bezug auf die Ziele des Forschungsvorhabens reflektiert. Dies findet im nachfolgenden 11.8 und 12.8 dieser Arbeit statt.

#### **10.4.3.8 Rückkopplung mit anderen Forschenden und Lehrkräften**

Die Konstruktion der Kategorien und des -system für die hoch-inferente Codierung sowie deren Anwendung wurden im Sinne Mayrings (2015) mehrfach mit anderen Personen aus der Forschung und Wissenschaft rückgekoppelt (S. 126). Dadurch wurde die *Semantische Gültigkeit* überprüft, d.h., ob die Kategorien angemessen sind. Dies wird, basierend auf deren Definitionen, den Ankerbeispielen und Codierregeln, durch fachkundige Personen beurteilt (Mayring, 2015, S. 126). So wurde der jeweilige Stand der Kategorienkonstruktion, deren Anwendung und der Erkenntnisse auf der *Frühlingstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)* des Fachverbands *Didaktik der Physik* anderen Forschenden und interessierten Lehrkräften präsentiert (22.03.2017 & 21.03.2018). Im Rahmen der *Physik-LehrerInnen-Tage* im Anschluss an die DPG-Frühlingstagung wurde der Stand der Forschungsarbeit sowie die e-Books des ersten Mesozyklus im Rahmen eines Workshops Lehrkräften vorgestellt und mit ihnen erörtert (22.03.2017). Im interdisziplinären *Kolloquium zur Didaktik der Mathematik und der Naturwissenschaften* an der Ruhruniversität Bochum wurde dies wiederholt (05.04.2017). Nach der Durchführung des zweiten Mesozyklus wurde der Stand der Forschungsarbeit auf der

internationalen Konferenz der *Groupe Internationale de Recherche sur l'Enseignement de la Physique (GIREP)* (04.07.2019) und bei einem Workshop im Institut für Didaktik der Physik der Goethe Universität Frankfurt (23.01.2020) präsentiert und mit anderen forschenden Personen und Personen aus dem Schuldienst, wie Fachleitungen, kritisch-konstruktiv diskutiert.

Neben fachkundigen Personen aus der Physikdidaktik wurden Forschende und Lehrkräfte aus der Sonderpädagogik zurate gezogen. So wurde der Stand der Forschungsarbeit auf einem Kongress vom *Verband Sonderpädagogik e.V. (VDS)* im Rahmen eines Workshops vorgestellt und kritisch-konstruktiv diskutiert (10.05.2019). Das finale Kategoriensystem und die codierten Videosequenzen wurden (am 18.04.2023) mit zwei Teammitgliedern der *Professur für Pädagogik im Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung* der Universität Leipzig eingehend durchgesprochen und kritisch-konstruktiv auf Schlüssigkeit und Konsistenz geprüft.

Die Ergebnisse wurden darüber hinaus im Rahmen von „peer debriefing“ (Kuckartz, 2018, S. 218) regelmäßig im Rahmen eines Doktorandenkolloquiums an der Universität zu Köln mit anderen Forschenden diskutiert, hauptsächlich mit Personen aus der Sonderpädagogik und der Grundschulforschung, aber auch vereinzelt aus den Naturwissenschaften. Außerdem wurden das Kategoriensystem, die Codevergabe und Interpretationen der Ergebnisse mit den Lehrkräften der teilgenommenen Lernenden sowie anderen sonderpädagogischen Lehrkräften erörtert. Darüber hinaus wurden auch Teammitglieder der Arbeitsgruppe *Kognitive Mathematik* des Instituts für Mathematikdidaktik der Universität zu Köln zurate gezogen. Deren forschungsmethodisches Vorgehen orientiert sich am FUNKEN-Modell, also einem Design-Research-Ansatz (s. 2.2). Sie analysieren ihre Ergebnisse ebenfalls mit der Qualitativen Inhaltsanalyse, wodurch sie selbst eine methodische Expertise aufweisen.

Im Rahmen der peer debriefings wurde von den forschenden Personen und Lehrkräften nicht nur kritisch-konstruktiv Stellung zur Kategorienkonstruktion, zur Anwendung dieser und den Erkenntnissen genommen, sondern auch auf blinde Flecke und bislang nicht beachtete Aspekte hingewiesen. Durch diese Rückkoppelungen mit anderen Forschenden und Lehrkräften konnte gleichzeitig die Konstruktvalidität überprüft werden. Diese wurde zusätzlich kontrolliert, indem repräsentative Interpretationen der Erkenntnisse in etablierte Theorien und Modelle eingeordnet wurden (Mayring, 2015, S. 127).

Im Folgenden werden die stattgefundenen Mesozyklen in Bezug auf die Durchführung und die Ergebnisse dargestellt.



## 11 Erster Mesozyklus

In diesem Kapitel wird der erste Mesozyklus beschrieben. Dafür werden zunächst die teilnehmende Lerngruppe, das entwickelte eBook und die Durchführung der Intervention vorgestellt sowie besondere Vorkommnisse skizziert.

Anschließend folgen die quantitative und qualitative Auswertung der Videoaufzeichnungen, die, wie in 10.4 beschrieben, aufbereitet, transkribiert und codiert wurden.

Am Schluss dieses Kapitels werden die Ergebnisse und darauf basierend Schlussfolgerungen wissenschaftlich eingeordnet und die Umsetzung sowie der Anpassungsbedarf der Gestaltungsprinzipien im Hinblick auf den zweiten Mesozyklus dargestellt.

### 11.1 Beschreibung der Lerngruppe

Der erste Mesozyklus wurde an einer Schule mit dem sonderpädagogischen Schwerpunkt Geistige Entwicklung durchgeführt, die sich in einem Landkreis in NRW befindet. Es wurde eine Klasse in der Berufsbildungsstufe gewählt, in der sich neun Lernende im Alter von 16 bis 19 Jahren befanden. Fünf haben am ersten Mesozyklus teilgenommen. Die übrigen haben die Auswahlkriterien (s. 9.2) nicht erfüllt bzw. eine Person war das gesamte Schuljahr schulabsent. Das Einverständnis, an der Intervention teilzunehmen und dabei videografiert zu werden, lag von allen Lernenden außer der schulabstinenten vor. Deren Einverständnis wurde aufgrund der Schulabstinenz nicht angefragt.

Zum Zeitpunkt der Erhebung war die Klasse seit eineinhalb Jahren ohne personelle Veränderung. Alle Lernenden konnten im Unterricht regelmäßig 60 Minuten oder länger konzentriert arbeiten. In der Berufsbildungsstufe bedeutet dies z.B., dass die Lernenden im Gartenbetrieb, in der Lehrküche oder im Werkraum tätig sind. In den wenigen Stunden, in denen Mathematik bzw. Deutsch unterrichtet wird, ist der produktive Konzentrationszeitraum teilweise geringer. Die Lernenden sind es gewohnt, insbesondere aus der Arbeitslehre, textbasierte bzw. bebilderte Arbeitsanweisungen zu lesen, individuelle Handlungen auszuführen und sich das Material selbstständig zu besorgen. Tablets und andere digitale Endgeräte wurden bislang im Unterricht nicht als Medien bzw. Hilfsmittel eingesetzt. Über ein eigenes Smartphone verfügt eine Person, die es außerhalb der Schule nutzt, um mit Freunden zu kommunizieren.

Einmal in der Woche haben die Lernenden, zusammen mit einer anderen Klasse, in der Berufsbildungsstufe Sachunterricht, in dem bislang nicht experimentiert wurde. Dies mag u.a. daran

liegen, dass es keinen Naturwissenschaftsraum mit z.B. feuerfesten Tischen etc. gibt und dass der Sachunterricht von einer Lehrkraft fachfremd erteilt wird.

Ein detaillierterer Überblick über die individuellen Kompetenz(stuf)en und Besonderheiten der Lernenden befindet sich im Anhang 11.

## 11.2 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien im eBook

Basierend auf den Lernvoraussetzungen besteht eine begründete Vermutung, dass es für die Lernenden (zu) herausfordernd sein wird, selbstständig eine physikalische Fragestellung experimentell zu untersuchen. Daher werden sie bei der Aufstellung von Hypothesen und der Interpretation ihrer wahrgenommenen Versuchsergebnisse von der Lehrkraft unterstützt, in der Arbeitsphase in Form von vorstrukturierten Experimenten mit Kochbuchanleitungen. Diese Experimentieranleitungen wurden mittels eBooks umgesetzt.

Neben den eBooks wurden unter Berücksichtigung der Gestaltungsprinzipien auch Arbeitsblätter entwickelt, auf denen die Lernenden ihre beobachteten Versuchsergebnisse dokumentieren sollten. Dadurch hatten sie sowohl die Möglichkeit, sich bewusster mit ihren Versuchsbeobachtungen auseinander zu setzen als auch eine Erinnerungshilfe. Außerdem besteht beim Einsatz von Arbeitsblättern weniger die Gefahr, dass die einzelnen Versuchsbedingungen nicht nur mechanisch abgearbeitet, sondern mithilfe der festgehaltenen Versuchsergebnisse verglichen und ausgewertet werden.

### 11.2.1 Umsetzung der Basis-Gestaltungsprinzipien

Da die Intervention in einer Schule stattgefunden hat, in der es keinen Naturwissenschaftsraum gab, musste der Physikunterricht im Klassenraum stattfinden. Damit eignen sich einige potenziell mögliche Themen und Versuche weniger gut als andere. Hinzu kommt, dass alle Lernenden vorher noch in keinem naturwissenschaftlichen Fach experimentiert hatten. Trotzdem war es wichtig, ein Thema auszuwählen, das in den Curricula der Allgemeinbildenden Schulen in der Sekundarstufe I verankert ist (7. UDL-Richtlinie).

Daher wurde die Unterrichtsreihe *Wir bauen eine Batterie* für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung aufbereitet. Da es bislang noch keine Unterrichtsvorgaben in NRW für die naturwissenschaftlichen Fächer im Bildungsgang Geistige Entwicklung gibt, wird sich am Kernlehrplan der Hauptschule NRW für Physik orientiert. Dort ist die Unterrichtsreihe im dritten Inhaltsfeld *Geräte und Werkzeuge* verortet (MSB NRW, 2011, S. 63 f.). Die fachlichen Zusammenhänge sind in der Sachanalyse (s. Anhang 4) dargestellt.

Im Folgenden wird skizziert, wie die Gestaltungsprinzipien in der vorliegenden Arbeit umgesetzt wurden.

### **11.2.2 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf eine selbstständige Handlungsorientierung**

Die Gestaltungsprinzipien sollten in einer Unterrichtsreihe umgesetzt werden, bei der Eigenaktivität und Handlungsorientierung der Lernenden im Mittelpunkt stehen und durch die physikalische Arbeitsmethode des Experimentierens realisiert werden. Dabei wurde bewusst die Sozialform *Einzelarbeit* gewählt, damit jede lernende Person die Möglichkeit hat, eigenständig zu agieren und somit am physikalischen Experimentieren teilzuhaben. Beim Experimentieren in Einzelarbeit können die unterschiedlichen Niveaus und individuellen Voraussetzungen der Lernenden durch Binnendifferenzierung berücksichtigt werden (4. UDL-Richtlinie). So können sich Lernende mit entsprechenden Experimentieranleitungen z.B. spielerisch oder gezielt mit einem bestimmten physikalischen Sachverhalt entweder selber oder auch durch Handführung und Unterstützung von Lehrkräften auseinandersetzen, „selbst wenn sie Vorgänge ‚nur‘ wahrnehmen oder beobachten und nicht erklären oder nachvollziehen können“ (Beekes, 2015, S. 128). Daher war es im Rahmen dieser Arbeit zunächst ausreichend, wenn die Lernenden die Handlungsanweisungen in den Experimentieranleitungen selbstständig umsetzten und ein beobachtbares Ergebnis erzielten, das sie mit verschiedenen Sinnen wahrnehmen konnten. Die selbstständige Handlungsorientierung wurde zusätzlich durch Auswahl der Versuchsmaterialien und die Tatsache gefördert, dass Experimente ausgewählt wurden, die relativ fehlertolerant sind. Es wurde z.B. ein Stromumwandler eingesetzt, bei dem die Polung egal ist und der auch bei einer geringen Anlaufspannung reagiert (0,08V), sodass z.B. die Mengenangaben beim Elektrolyt nicht exakt abgemessen werden mussten.

Die Lernenden sollten sich u.a. auch deswegen in Einzelarbeit die Handlungsschritte zum physikalischen Experimentieren selbstständig aus dem eBook erschließen, damit Herausforderungen und Barrieren, in Bezug auf die Umsetzung der Gestaltungsprinzipien, besser aufgedeckt werden können. Bei der Einzelarbeit können sie nicht von einer mitlernenden Person kompensiert werden.

### **11.2.3 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf anschauliche Ergebnisse**

Als Motivation wurden Experimente gewählt, deren Ergebnisse eindeutig sind und dadurch den Lernenden gleichzeitig eine direkte Rückmeldung sowie eine Möglichkeit bieten, das eigene

Handeln selbstständig zu überprüfen. So konnten die Lernenden in der Unterrichtreihe *Wir bauen eine Batterie* die durch die Batterie erzeugte Energie dank verschiedener Stromumwandler optional akustisch, visuell oder durch Spüren der Bewegung wahrnehmen. Der mit der Batterie erzeugte Strom wurde immer für einen gewissen Zeitraum umgewandelt, sodass die Versuchsergebnisse nicht nur für einen kurzen Moment zu beobachten waren. Aufgrund der Reaktion der Stromumwandler wird gleichzeitig das Verständnis eines Ursache-Wirkungsprinzips bei den Lernenden gefördert Anhang 5.

Darüber hinaus wurden Versuche gewählt, die mithilfe von Alltagsmaterialien und Gegenständen schnell und einfach durchzuführen sind, gleichzeitig einen überschaubaren und übersichtlichen Versuchsaufbau haben. Es wurde z.B. in jeder Stunde nur eine Variable verändert, sodass die Versuchsergebnisse eindeutig auf einen Parameter zurückzuführen sind. Dies erleichterte den Lernenden die Auswertung, da sie weder mehrere Variablen noch Kontextfaktoren kaum bzw. gar nicht einbeziehen mussten.

#### **11.2.4 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf einen Lebensweltbezug**

Da das Thema Stromerzeugung und -wandlung fester und permanenter Bestandteil im Alltag der Lernenden ist, kann von einem Interesse und Bezug ausgegangen werden. Gleichzeitig lässt sich dieses Thema mit authentischen Lernaufgaben sowie Transfermöglichkeiten verbinden (7. UDL-Richtlinie). Eine ausführliche Darstellung des Lebensweltbezug, auch für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, befindet sich im Anhang 6.

Das Phänomen *Strom* wird den Lernenden mithilfe der Stromumwandler sichtbar und erlebbar gemacht. Dadurch wird die Möglichkeit gefördert, einen Beitrag zu leisten, ein tieferes bzw. erweitertes Verständnis der natürlichen Welt aufzubauen, was elementar für eine Scientific Literacy ist.

#### **11.2.5 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf Sprache**

Das eigenständige Experimentieren ist i.d.R. damit verbunden, dass sich Lernende selber über die auszuführenden Handlungsschritte informieren. Dies setzt eine Lesekompetenz voraus (Scholz et al., 2016, 455). Damit die Experimentieranleitungen möglichst keine Teilhabe verhindern, wurden sie, basierend auf den Regeln der Leichten Sprache, sprachlich vereinfacht, indem z.B. auf Fremdwörter verzichtet wurde und Fachbegriffe nur vereinzelt und in Kombination mit einer Beschreibung durch bekannte Wörter verwendet wurden (2. UDL-Richtlinie) (s. Abb. 25).

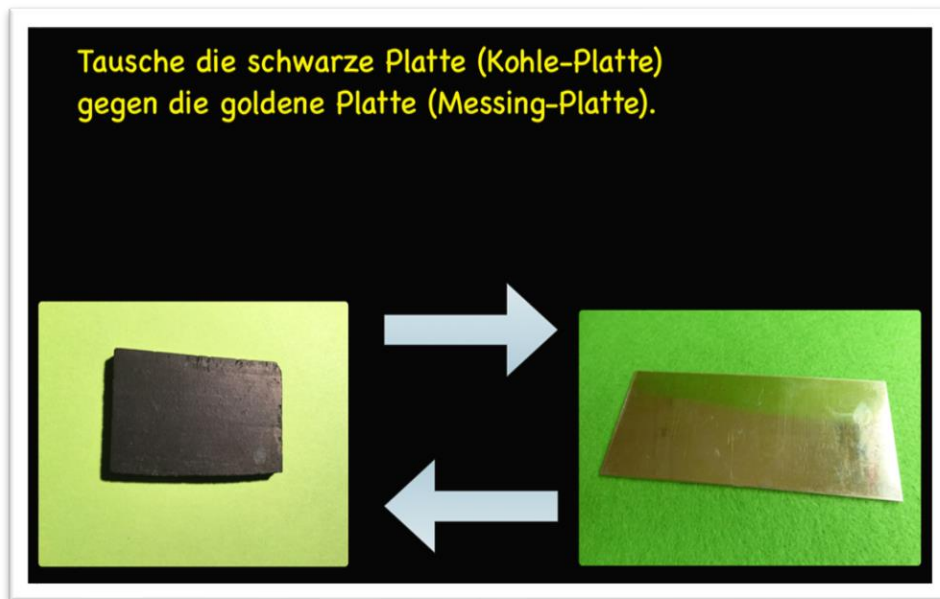


Abb. 25: Fachbegriffe in Kombination mit bekannten Wörtern – eigene Darstellung

Neben der Wortebene wurde in Bezug auf die Satzebene auf eine einfache Syntax geachtet sowie versucht zu vermeiden, dass Sätze länger als eine Zeile sind. Durch farbliche Hervorhebungen (Signalisierungen) wurde die visuelle Wahrnehmung und die Decodierung der Lernenden unterstützt, da diese Signalisierungen dieselbe Farbe hatten wie das Material (3. UDL-Richtlinie) (s. Abb. 26).



Abb. 26: exemplarische eBook-Seite: Textunterstützung durch Signalisierungen und kurze Videosegmente – eigene Darstellung

Es wurden eine leicht lesbare Schriftart mit nur geringen Serifen (Chalkboard), die Schriftgröße 33 und ein deutlicher Kontrast zum Hintergrund gewählt (Pfeifer et al., 2002, S. 302 ff.). Darüber hinaus wurde auf einen genügend großen Abstand zwischen den einzelnen Zeilen geachtet und darauf, dass zusammengehörige Arbeitsschritte auf einer eBook-Seite abgebildet sind, um deren Einheit zu verdeutlichen und sie von den anderen Arbeitsschritten klar abzutrennen (s. Abb. 26). Die sprachlichen Vereinfachungen wurden nicht von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung oder von Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen geprüft. Stattdessen wurde der Lesbarkeitsindex nach Björnsson mithilfe des Online-Tools auf der Internetseite Psychometrica berechnet. Der Lesbarkeitsindex wird, basierend auf verschiedenen Parametern wie Wort- und Satzlänge, in fünf Stufen von *sehr niedrig* bis *sehr hoch* unterteilt. Die Schwierigkeit der textbasierten Experimentieranleitungen, die eine durchschnittliche Satzlänge von 6,4 Wörtern hatten, wurde von dem LIX-Verfahren als sehr niedrig eingestuft (32,5 LIX) (s. Anhang 2).

Als weitere Textunterstützung wurden Fotos in die Experimentieranleitung integriert, die entweder den benötigten Gegenstand der Materialliste oder den Inhalt der Handlungsanweisung zeigten (1. UDL-Richtlinie). Bei manchen Handlungsschritten war es nicht möglich, alle Informationen der Anweisung durch Fotos darzustellen. Statt Fotos wurden dann kurze Videosegmente verwendet (s. Abb. 26). Sowohl bei den Fotos als auch bei den Videos wurden möglichst gleiche Materialien genutzt, mit denen die Lernenden später experimentiert haben. Dadurch sollten die Identifizierung der benötigten Materialien und die konkrete Ausführung der Handlungsschritte erleichtert werden. Außerdem wurde durch einen einheitlichen und einfarbigen Hintergrund die Ablenkung durch unrelevante Details reduziert (7. UDL-Richtlinie).

Bei den Arbeitsblättern wurden Piktogramme zur Verständnisunterstützung genutzt. Dabei wurde versucht, möglichst transluzente und transparente Piktogramme zu verwenden. Die METACOM-Symbole von Kitzinger (2005) erfüllen diese Anforderungen und sind den Lernenden aus anderen Unterrichtskontexten vertraut. Die Piktogramme haben sowohl Schlüsselwörter eines Satzes illustriert als auch die gesamte Versuchsbedingung (2. UDL-Richtlinie). Darüber hinaus sollten Kästchen zum Ankreuzen sowie genügend Platz für Antworten die Bearbeitung der Aufgaben erleichtern. Zusätzlich wurden bei den freien Antwortmöglichkeiten Piktogramme zum Verständnis der Operatoren sowie Hilfslinien zum Scheiben verwendet (s. Abb. 27).

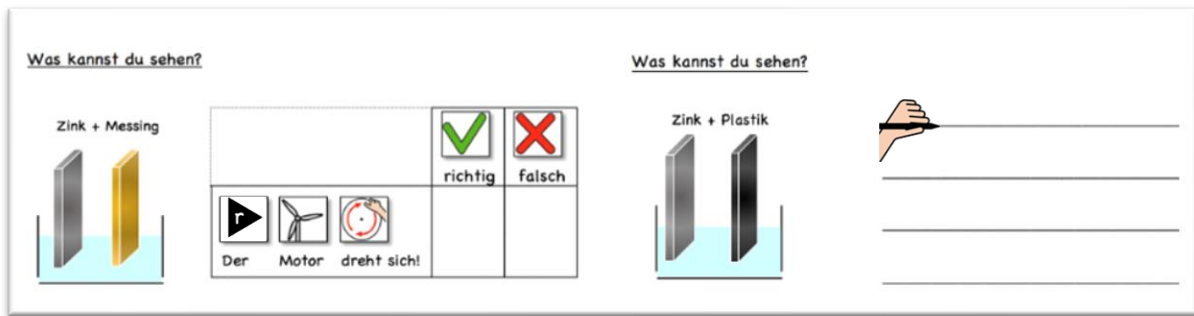


Abb. 27: Auszüge aus den Arbeitsblättern – eigene Darstellung

Damit sich alle Lernenden die Informationen erschließen konnten, wurde jeder einzelne Handlungsschritt eingesprochen, sodass sich die Lernenden diesen auditiv erschließen konnten (1. UDL-Richtlinie). Auf diese Weise sollte gewährleistet sein, dass alle Lernenden selbstständig Zugang zu den Experimentieranleitungen haben.

### 11.2.6 Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in Bezug auf eine orientierende Strukturierung

Zwischenfolien mit der Bezeichnung der jeweiligen Phase eines physikalischen Experiments sowie einem passenden Piktogramm sollten die verschiedenen Phasen optisch strukturieren und die Lernenden bei der Orientierung unterstützen (s. Abb. 28).

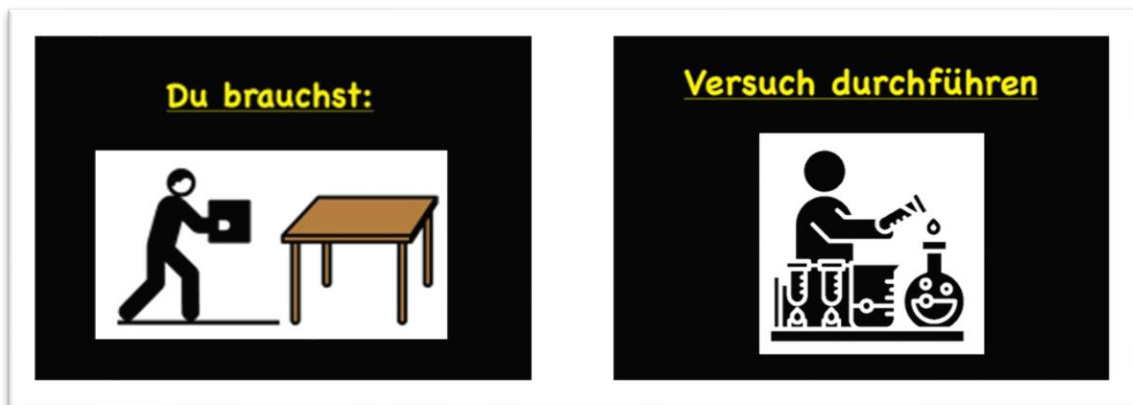


Abb. 28: exemplarische eBook-Seite: Zwischenfolien – eigene Darstellung

Im Sinne einer guten Übersichtlichkeit wurde u.a. auf eine räumliche Nähe des Textes und der zugehörigen visuellen Maßnahmen oder zueinander in Bezug stehenden sprachlichen und visuellen Entitäten geachtet. Dadurch wird die Beziehung der unterstützenden bzw. alternativen Maßnahmen zum Text verdeutlicht sowie die Erfassung der Informationen erleichtert.



Im eBook waren die Fotos und Videos direkt unterhalb des jeweiligen Textes und die Audio-dateien dahinter angeordnet (s. Abb. 29). Auf den Arbeitsblättern befanden sich die Piktogramme unmittelbar über dem entsprechenden Wort. Die visuellen und auditiven Maßnahmen sollen, die benötigte Cognitive Load zur Decodierung der textbasierten Arbeitsanweisung reduzieren. Dadurch wird das Arbeitsgedächtnis entlastet und die Lernenden können diese freigewordene Kapazität für das lernrelevante physikalische Experimentieren nutzen (s. 4.2.5). Darüber hinaus wurde darauf geachtet, dass jede Handlungsanweisung immer nur einen Arbeitsschritt und nicht mehrere gleichzeitig enthielt (s. Abb. 29).



Abb. 29: exemplarische eBook-Seite: Platzierung der Audiodateien – eigene Darstellung

### 11.2.7 Erstellung der eBooks

Zur Erstellung der eBooks und somit für die Umsetzung der Gestaltungsprinzipien wurde das kostenlose Programm *iBooks Author*<sup>TM</sup> gewählt, weil damit zum einen sehr unkompliziert barrierearme eBooks erstellt werden können. Zum anderen kann damit ein eBook relativ einfach auf Tablets übertragen werden. Die Lernenden können es auch ohne Internetverbindung im Physikunterricht nutzen.

Die erstellten eBooks können auch als epub-Dateien exportiert und dann auf anderen Tablets als iPads<sup>TM</sup> genutzt werden. In dem Fall stehen aber weniger Funktionen zur Verfügung, sodass



die eBooks weniger barrierefrei sind. Um alle Funktionen nutzen zu können, wurden in der Intervention iBooks™ erstellt und iPads™ verwendet.

Mit dem Programm *iBooks Author*™ können eBook-Vorlagen in wenigen Arbeitsschritten erstellt, abgespeichert und wiederverwendet werden, sodass diese entsprechend den Bedürfnissen und Lernvoraussetzungen der Lernenden konzipiert werden können. Es wurde bewusst ein dunkler Hintergrund (schwarz) gewählt, da dieser die Lesbarkeit erleichtert, nicht nur für Lernende mit einer Sehbeeinträchtigung, sondern auch bei ungünstigen Lichtverhältnissen, wie direkter Sonneneinstrahlung oder einem spiegelnden Display. Um einen möglichst starken Kontrast zum Hintergrund zu gewährleisten, diesen aber nicht zu extrem zu gestalten, wurde gelb als Schriftfarbe gewählt. Damit besteht ein Kontrastverhältnis von 16.9:1 und erfüllt damit auf jedem Level der Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) die barrierefreien Kriterien (s. Anhang 3). Aufgrund dieser Farbwahlen wurde dann die Laufweite der Schrift minimal vergrößert, um die Lesbarkeit noch mehr zu optimieren.

Textunterstützende bzw. -alternative Medien wie Foto(-Galerien), Videos, Piktogramme und Audiodateien können im eBook als sogenannte *Widgets* eingefügt werden und sind dann im eBook gespeichert (Weck, 2022, S. 2). In den konzipierten eBooks wurden die Texte von der forschenden Person eingesprochen und dann in das eBook importiert. Damit werden den Lernenden verschiedene Möglichkeiten bei der Perzeption und beim Verstehen von Informationen gemäß der 1. und 3. UDL-Richtlinie geboten. Als selbstregulierende bzw. selbstständige Feedback-Funktion und automatische Lernzielkontrolle (6. & 9. UDL-Richtlinie) wurden am Ende des eBook Wiederholungsaufgaben als weitere Widgets integriert. Im vorliegenden Beispiel wurden sowohl Multiple-Choice- als auch Zuordnungsaufgaben konzipiert (s. Abb. 30).



Abb. 30: exemplarische eBook-Seite: Wiederholungsaufgaben – eigene Darstellung

Die Gestaltungsprinzipien wurden somit in den eBooks und auf den Arbeitsblättern entsprechend der individuellen Lernvoraussetzungen sowie der physikalischen, experimentellen methodischen und medialen Kompetenzen der Lernenden umgesetzt. Da die Lernvoraussetzungen und Kompetenzen im Vorfeld nicht immer exakt diagnostiziert und antizipiert werden können, müssen die Unterrichtsmaterialien ggf. nach jeder Stunde, d.h. nach jedem Mikrozyklus, angepasst werden. In den Mikrozyklen soll durch Beobachtungen und Notizen während der Durchführung, durch Videoaufzeichnungen, durch Reflexionsgespräche mit den anwesenden Lehrkräften sowie durch die ausgefüllten Forscherhefte der Lernenden Über- oder Unterforderung identifiziert werden, um die Materialien adäquat überarbeiten zu können.

Einige Barrieren und Herausforderungen zeigen sich erst im konkreten Zusammenspiel von Lernenden, Lernmaterialien, Lehrkraft, Unterrichtsorganisation, methodischen Vorgehen, Unterrichtsthema etc. Diese relevanten Faktoren und Wechselwirkungen müssen beim Redesign der Unterrichtsmaterialien beachtet werden, damit deren Gestaltung barriereärmer wird und dadurch die Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren optimiert wird (Stinken-Rösner et al., 2020, S. 34).

### **11.2.8 Ablauf der Physikstunden**

Nach Schmidt (2014) eignet sich für den Physikunterricht in schwierigen Lehr- und Lernsituationen folgender Unterrichtsablauf: Einstieg – Lernaufgabe – Abschluss (S. 148). Die Lernaufgabe soll den Schwerpunkt bilden, z.B. in Form von Experimenten, die die Lernenden durchführen. Wenn Lernende selber experimentieren, können sie fachspezifische experimentelle Fähigkeiten- und Fertigkeiten erwerben, einsetzen und weiterentwickeln und sich gleichzeitig neue physikalische Inhalte erschließen (Girwidz, 2015a, S. 240). Es sollte darauf geachtet werden, dass die Unterrichtsstunden in sich abgeschlossen sind, damit die Lernenden sich ihre Beobachtungen nicht bis zur nächsten Physikstunde merken müssen. Dann können fehlende Lernende jederzeit wieder einsteigen und mitmachen. Deshalb wurde in jeder Doppelstunde eine andere Variable verändert und Versuche ausgewählt, bei denen selbst langsam arbeitende Lernende mindestens eine Bedingung experimentell untersuchen konnten. Eine tabellarische Übersicht über die Reihe mit den Stundenthemen und den Lernchancen befindet sich im Anhang 7.

Der Ablauf der Unterrichtsstunden in der Reihe orientiert sich an den Empfehlungen von Schmidt (2014). Ein exemplarischer tabellarischer Verlaufsplan einer Unterrichtseinheit befindet sich im Anhang 8.

Die Einstiegsphasen haben im Plenum stattgefunden und waren i.d.R. lehrkraftzentriert. Zur sprachlichen und kognitiven Reduktion standen Medien in Form von Versuchsmaterialien oder Abbildungen der letzten bzw. jeweils aktuellen Stunde im Fokus. Dadurch wird den Lernenden der Bezug zur anschließenden Experimentierphase erleichtert.

In der Hauptphase sollten sie eine Aufgabe mit der Arbeitsmethode *Experimentieren* bearbeiten. Diese Phase zeichnet sich durch möglichst selbstständige und von der Lehrkraft unabhängige Aktivitäten aus. Bei Schwierigkeiten und Herausforderungen, die sie nicht selber lösen können, werden sie von der Lehrkraft durch Hinweise begleitet und unterstützt. In der Experimentierphase sollten die Lernenden ihre Beobachtungen dokumentieren und dadurch die Versuchsergebnisse sichern.

Nach der Experimentierphase konnten alle Lernenden ihre Versuchsbeobachtungen in der Abschlussphase vorstellen, egal ob diese richtig waren oder nicht. Dafür wurde ein induktives Vorgehen gewählt. Mithilfe von Einzelversuchen mit systematisch veränderten Variablen sollen die Lernenden Regeln und Gesetzmäßigkeiten entdecken. Da bei diesem Vorgehen von mehreren Einzelfällen (Einzelbeobachtung oder -tatsachen) auf ein Allgemeines geschlossen wird, können alle Versuchsergebnisse wertschätzend berücksichtigt werden. Die Ergebnisse, die nicht korrekt sind, d.h. von keinem anderen Lernenden reproduziert wurden, können von den Lernenden selber identifiziert werden und gleichzeitig Anlass bieten, im Sinne von *Nature of Science* zu lernen, dass es wichtig und hilfreich ist, Fehler für ein Weiterkommen in der Forschung offenzulegen und dass Experimente manchmal sehr häufig wiederholt werden müssen, bis sie gelingen.

Der Forschungsfokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Phase des Experimentierens, da diese der Mittelpunkt im Physikunterricht für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung sein soll. Das Experimentieren umfasst die Aspekte des Materialholens und des Versuchsaufbaus. Die Phasen der Hypothesenbildung und Interpretation der Versuchsergebnisse wurden ebenfalls videografisch erfasst. Da die Phasen im Plenum und nicht in Einzelarbeit stattfanden, können kaum fundierte Rückschlüsse auf die Teilhabe aller Lernenden gezogen werden, denn aufgrund der Sozialform spricht i.d.R. nur eine Person.

### **11.3 Durchführung der Intervention**

Stattgefunden hat der erste Mesozyklus von Mitte Januar bis Mitte Februar 2017, und zwar an fünf Montagen hintereinander in der dritten und vierten Unterrichtsstunde, d.h. im zweiten

Unterrichtsblock. Im Unterricht waren, neben den Lernenden, die forschende Person anwesend sowie i.d.R. eine Lehrkraft im Vorbereitungsdienst.

Die räumlichen Gegebenheiten wurden aus der Vogelperspektive in Form einer Raumskizze protokolliert (s. Abb. 31). Diese Raumskizzen enthalten neben den Kammeranordnungen, den beteiligten Personen, dem vorhandenen Mobiliar und den jeweiligen Sitzplänen die für die Stunden relevanten Gegenstände mit ihren Positionen und Relationen, was die Beschreibung und Auswertung der Videoaufzeichnungen erleichtern.

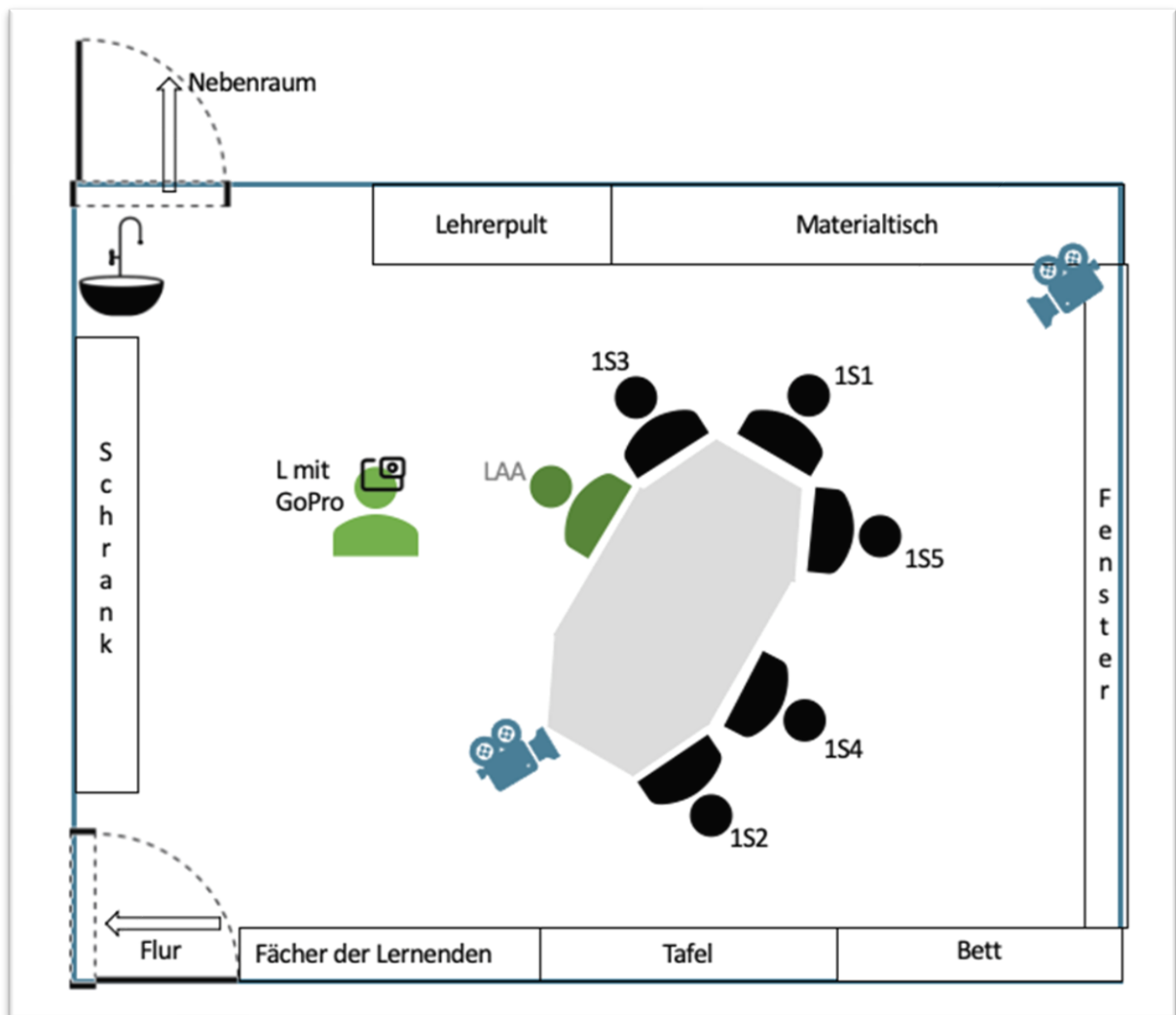


Abb. 31: Raumskizze mit Kammeranordnung und Sitzplan der ersten Klasse – eigene Darstellung

Die Tische standen in Form eines großen Gruppenarbeitsplatzes, an dem alle Lernenden in allen Unterrichtsphasen saßen. Die Versuchsmaterialien befanden sich auf einem Materialtisch an einer Wand. Die Forscherhefte, ebenso Stifte sowie Radiergummis, haben die Lernenden aus ihren Fächern oder vom Lehrerpult geholt. Ein Timer wurde nicht gestellt, da die Lernenden

wussten, wie lang die Arbeitsphasen im zweiten Unterrichtsblock sind bzw. ab wann aufgeräumt wird, um die Stunde nachzubesprechen. Auch wenn nicht alle Lernenden die analoge Uhr im Klassenraum lesen konnten, wussten sie, wie die Zeiger bei Beginn dieser Phase stehen mussten.

Zur Erfassung der forschungsrelevanten Aspekte waren zwei Tablets ausreichend, die sich gegenüberstanden und den Gruppenarbeitsstisch fast vollständig aus unterschiedlichen Perspektiven gefilmt haben (s. Abb. 31). Um die Bildqualität nicht durch einfallendes Tageslicht herabzusetzen, wurde der Lichteinfall im Klassenzimmer durch Vorhänge minimiert. Diese Maßnahme ist den Lernenden aus anderen Kontexten vertraut.

Als zusätzliche Datenquelle hat die Lehrkraft eine Kopfkamera mit integriertem Mikrofon getragen. Dadurch wurde zwar die Wahrnehmung des Unterrichts aus einer (idealisierten) Perspektive aufgezeichnet, es konnten aber auch nonverbale Äußerungsmodalitäten der Lernenden – wie experimentelle Handlungen –, insbesondere bei Interaktionen mit der Lehrkraft, besser erfasst werden. Die Kopfkamera hat die Datenaufbereitung einerseits ökonomisiert, andererseits bestimmte Daten erst zugänglich gemacht.

## **11.4 Besonderheiten bei der Durchführung**

Bei der Durchführung der Intervention ist es zu einigen Besonderheiten gekommen. Im ersten Mikrozyklus ist ein Tablet nach knapp 32 Minuten ausgefallen, sodass die restlichen ca. 25 Minuten nur von dem anderen Tablet und der Kopfkamera aufgezeichnet wurden. Da sich beide Tablets gegenüberstanden, konnte trotzdem alles erfasst werden, wobei einige Lernende und deren Handlungen nicht von Nahem zu sehen waren. Außerdem war die Lehrkraft im Vorbereitungsdienst nicht anwesend.

Im zweiten Mikrozyklus war die integrationshelfende Person der Klasse erkrankt, sodass zwei zusätzliche Lernende anwesend waren, die nicht die Anforderungskriterien erfüllten. Eigentlich hatten sie, parallel zur Intervention, basale Angebote im sogenannten Snoezelraum, die nicht stattfinden konnten. Da beide Lernende Teil der Klasse sind, war deren Anwesenheit den übrigen Lernenden vertraut. Die beiden waren es gewohnt, im Klassen- bzw. Nebenraum andere Angebote zu erhalten. Außerdem lag das Einverständnis vor, dass sie am Mesozyklus teilnehmen dürften, wenn sie die Anforderungskriterien erfüllen.

Vor dem dritten Mikrozyklus hatte die Lehrkraft im Vorbereitungsdienst im ersten Unterrichtsblock einen Unterrichtsbesuch in der Klasse. 1S2 hat in dieser Einheit den eigenen festen Arbeitsplatz verlassen und sich ausnahmsweise zwischen 1S4 und 1S5 gesetzt und dort gearbeitet. Im vierten und fünften Mikrozyklus war wieder einer der anderen anwesend.

Im letzten Mikrozyklus hat eine Person aus der Wissenschaft hospitiert, die schon im ersten Block sowie in der Frühstücks- und Hofpause in der Klasse anwesend war, sodass sie für die Lernenden nicht fremd war. Die Klasse ist aufgrund der Unterrichtsbesuche der Lehrkraft im Vorbereitungsdienst gewohnt, dass ab und zu Personen hospitieren.

## 11.5 Quantitative Ergebnisdarstellung des ersten Mesozyklus

Im ersten Mesozyklus lagen für fünf Lernende Einverständniserklärungen vor, sodass diese an der Unterrichtsreihe teilgenommen haben, videografiert, später gesichtet und analysiert wurden. Insgesamt sind im ersten Mesozyklus für alle fünf Lernenden 689 Codes vergeben worden (s. Tab. 13). Im zweiten Mesozyklus wurden hingegen acht Lernende videografiert. Außerdem war mehr pädagogisches Personal anwesend. Daher gab es mehr Menschen, die gehandelt haben, sodass die Codeanzahl im zweiten Mesozyklus deutlich höher ist (1589 Codes). Um beide Zyklen miteinander vergleichen zu können, sind die Codeanzahlen in Prozentangaben umgerechnet worden.

Im Folgenden werden zunächst für den ersten Mesozyklus quantitativ Häufigkeiten der einzelnen Codierungen beschrieben (s. Tab. 13). Dabei wird aufgezeigt, wie oft eine Kategorie insgesamt identifiziert wurde und in welchen Stunden der Unterrichtsreihe die einzelnen Kategorien aufgetreten sind.

Im ersten Mesozyklus entfallen, wie aus der Tab. 13 hervorgeht, 12,48% der insgesamt vergebenen Codes auf die Hauptkategorie *Funktional*, 47,46% auf die Hauptkategorie *Kompetenzen*, 31,79%, auf die Hauptkategorie *Barrieren*, 3,63% auf die Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren*, 3,05% auf die Kategorie *Sonstiges* und 1,6% auf die Kategorie *Lehrkraft initiiert Hilfe*. Da die Hauptkategorie *Funktional* die Funktionalität der Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung direkt und die Hauptkategorie *Kompetenzen* implizit verdeutlichen, stehen 59,94% den 31,79% der Hauptkategorie *Barrieren* gegenüber. Damit gibt es fast doppelt so viele Belege für die Wirksamkeit der Gestaltungsprinzipien bzw. deren gelungene Umsetzung, als Barrieren aufgezeichnet wurden.

Tab. 13: Übersicht über die Codes in den Hauptkategorien im ersten Mesozyklus

|          | Ebene     | Kategorie                        | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>1</sup> |
|----------|-----------|----------------------------------|------------------|------------------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Funktional</b>                | <b>86</b>        | <b>12,48%</b>          |
| <b>I</b> | <b>HK</b> | <b>Kompetenzen</b>               | <b>327</b>       | <b>47,46%</b>          |
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Barrieren</b>                 | <b>219</b>       | <b>31,79%</b>          |
| <b>I</b> | <b>HK</b> | <b>Umgang mit Barrieren</b>      | <b>25</b>        | <b>3,63%</b>           |
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Lehrkraft initiiert Hilfe</b> | <b>11</b>        | <b>1,60%</b>           |
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Sonstiges</b>                 | <b>21</b>        | <b>3,05%</b>           |
|          |           | <b>Gesamt</b>                    | <b>689</b>       | <b>100%</b>            |

Über die Hälfte der Codes (65,48%) entfallen in der Hauptkategorie *Funktional* auf die Unterkategorie *Zugänge* (s. Tab. 14). Diese ist in Teilkategorien aufgegliedert:

- *Audiodatei* (23,21%)
- *Fotoanleitung mit Realiter* (42,86%)
- *Piktogramme* (3,57%)
- *Text* (7,14%)
- *Video* (3,57%) und
- *Multimedia* (23,21%).

In der Hauptkategorie *Funktional* wurden 23,71% der Codes in der Unterkategorie *Farben* registriert. Das bedeutet, die sprachliche Darstellung mit Farben, der Einsatz von farbllichem Material sowie Hinweisen waren wirksam.

Die restlichen Codes entfallen in der Hauptkategorie *Funktional* auf die Unterkategorien *Sprache* (8,14%), in der sich insbesondere die Vermeidung *unbekannter (Fach-)Begriffe* als gelungen erwiesen hat, und auf die Unterkategorie *Arbeitsblätter* (3,49%).

Tab. 14: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie *Funktional* im ersten Mesozyklus

|          | Ebene     | Kategorie                  | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>2</sup> |
|----------|-----------|----------------------------|------------------|------------------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Funktional</b>          | <b>86</b>        | <b>100%</b>            |
| D        | UK        | Zugänge                    | 56               | 65,12%                 |
| D        | TK        | Audiodatei                 | 12               | 23,21%                 |
| D        | TK        | Fotoanleitung mit Realiter | 22               | 42,86%                 |
| D        | TK        | Piktogramme                | 2                | 3,57%                  |
| D        | TK        | Text                       | 4                | 7,14%                  |

<sup>1</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

<sup>2</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

|   |    |                |    |        |
|---|----|----------------|----|--------|
| D | TK | Video          | 2  | 3,57%  |
| D | TK | Multimedia     | 14 | 23,21% |
| D | UK | Farben         | 20 | 23,26% |
| D | UK | Sprache        | 7  | 8,14%  |
| I | UK | Arbeitsblätter | 3  | 3,49%  |

In der Hauptkategorie *Kompetenzen* sind die Codes wie folgt in den Unterkategorien registriert worden:

- *Versuchsergebnis* (19,27%)
- *Mitschüler\*innen helfen* (2,14%)
- *Hilfe anfordern* (14,29%)
- *Transfer* (1,53%)
- *Tablet-Bedienung* (3,70%)
- *Hypothesenbildung* (2,75%)
- *eBook als Hilfsmittel* (16,81%)
- *(Handlungs-)Wissen* (37,00%).

Die Unterkategorien *Versuchsergebnis*, *Hilfe anfordern*, *Tablet-Bedienung*, *eBook als Hilfsmittel* und *(Handlungs-)Wissen* wurden in Teilkategorien weiter spezifiziert. Bei der Kategorie *Versuchsergebnis* lässt sich feststellen, dass die Lernenden dieses 77,78% *verbal* bzw. durch Gestiken oder Mimik äußern. *Hilfe fordern* die Lernenden proaktiv *an*, indem sie sich an die *Lehrkraft* wenden (68,63%) oder sich an ihren *Mitschüler\*innen orientieren* (27,45%).

Außerdem haben sie auf das *eBook als Hilfsmittel* zurückgegriffen, insbesondere beim *Versuchsaufbau* (25,42%) sowie, um an *Kommunikation* partizipieren zu können (55,93%). Die Lernenden haben nachweislich u.a. auch bis dato unbekannte (Fach-)Begriffe erlernt.

Bei der *Tablet-Bedienung* hat sich herausgestellt, dass die Lernenden insbesondere den *Vollbildmodus* souverän und zuverlässig öffnen sowie schließen konnten (66,67%).

Die meisten Kompetenzen wurden in der Unterkategorie *(Handlungs-)Wissen* verzeichnet. Davon wurden 42,02% der Codes vergeben, wenn die Lernenden in der Interaktion mit einer Lehrkraft äußern konnten, was sie machen mussten. Insgesamt wurden für die Teilkategorie *Versuch auswendig* 29,41% der Codes vergeben. Die übrigen Codes in der Unterkategorie *(Handlungs-)Wissen* entfallen auf die Teilkategorien *Platten berühren* (8,40%), *Lehrmaterialkenntnis* (4,25%), *Materialhandhabung* (4,20%), *Platten abspülen* (0,84%), *Anschlusskontrolle* (1,36%), *Umrühren* (0,84%) und *Umpolen* (0,84%) (s. Tab. 15).



Tab. 15: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorien Kompetenzen im ersten Mesozyklus

|          | Ebene     | Kategorie                             | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>3</sup> |
|----------|-----------|---------------------------------------|------------------|------------------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Kompetenzen</b>                    | <b>327</b>       | <b>100%</b>            |
| D        | UK        | Versuchsergebnis                      | 63               | 19,27%                 |
| D        | TK        | Verbal                                | 49               | 77,78%                 |
| I        | TK        | Arbeitsblatt                          | 14               | 22,22%                 |
| I        | UK        | Mitschüler*innen helfen               | 7                | 2,14%                  |
| D        | UK        | Hilfe anfordern                       | 51               | 14,29%                 |
| D        | TK        | Lehrkraft                             | 35               | 68,63%                 |
| I        | TK        | Mitschüler*innen                      | 2                | 3,92%                  |
| I        | TK        | Mitschüler*innen orientieren          | 14               | 27,45%                 |
| D        | UK        | Transfer                              | 5                | 1,53%                  |
| D        | UK        | Tablet-Bedienung                      | 12               | 3,70%                  |
| I        | TK        | Inhaltsübersicht                      | 0                | 0,00%                  |
| I        | TK        | Bildschirmschoner                     | 1                | 8,33%                  |
| D        | TK        | Vollbildmodus                         | 8                | 66,67%                 |
| D        | UK        | Hypothesenbildung                     | 9                | 2,75%                  |
| D        | UK        | eBook als Hilfsmittel                 | 59               | 16,81%                 |
| D        | TK        | Versuchsaufbau                        | 15               | 25,42%                 |
| D        | TK        | Versuchsdurchführung                  | 7                | 11,85%                 |
| I        | TK        | Kommunikation                         | 33               | 55,93%                 |
| D        | UK        | (Handlungs-)Wissen                    | 221              | 37,00%                 |
| I        | TK        | Platten abspülen                      | 1                | 0,84%                  |
| I        | TK        | Platten berühren                      | 10               | 8,40%                  |
| D        | TK        | Materialhandhabung                    | 5                | 4,20%                  |
| D        | TK        | Lehrmaterialkenntnis                  | 5                | 4,25%                  |
| I        | TK        | Anschlusskontrolle                    | 3                | 1,36%                  |
| I        | TK        | Versuchsaufbau auswendig              | 35               | 29,41%                 |
| D        | TK        | Versuchsaufbau - Lehrkraftinteraktion | 50               | 42,02%                 |
| I        | TK        | Umrühren                              | 1                | 0,84%                  |
| I        | TK        | Umpolen                               | 1                | 0,84%                  |
| I        | TK        | Propeller drehen                      | 0                | 0,00%                  |

Die Hauptkategorie *Barrieren* wurde in Anlehnung an Krönig (2015) in die Unterkategorien *Verortung im Selbst* (13,70%), *Verortung in Funktionssystemen* (0,00%), *Verortung in Kommunikation/Interaktion* (1,67%) und *Verortung in der Umwelt* (84,93%) gegliedert.

Bei den Barrieren, die im Selbst zu verorten sind, ist auffällig, dass 56,67% der vergebenen Codes in Teilkategorien registriert wurden, die auf ein Zusammenspiel von dem verwendeten Experimentiermaterial und physischen Besonderheiten zurückzuführen ist. Die restlichen

<sup>3</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

Codes entfallen hauptsächlich auf die Teilkategorie *Relevanz-Bias* (33,33%).

Bei den Barrieren, die sich in der Umwelt verorten lassen, wurde zwischen den Teilkategorien *Gestaltungsprinzipien* (25,81%), *Material* (51,08%), *eBook* (10,75%) sowie *Arbeitsblätter* (12,37%) differenziert. Damit lassen sich über die Hälfte der Barrieren auf das Material zurückführen und nur gut ein Viertel auf die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung. Alle Teilkategorien in der Unterkategorie *Verortung in der Umwelt* gliedern sich jeweils in Teilchenkategorien auf (s. Tab. 16).

Bei den Barrieren, die auf die Gestaltungsprinzipien zurückzuführen sind, wurde die gewählte *Segmentierung* (25,00%), der Fakt, dass es teilweise *keine Kochbuchanleitung* gab (25,00%), die Phasierung durch *Zwischenfolien* (27,08%) und die, nur in der dritten Stunde genutzte, *Galeriefunktion* (14,58%) am meisten codiert.

Die vergebenen Codes in der Teilkategorie *Material* zeigen, dass insbesondere die *Krokodilklemmen* (11,58%), das *Berühren der Elektroden* (27,37%), die *Identifikation von Elektroden* (10,53%), eine *fehlende Realiterübereinstimmung* (8,42%) sowie der *Versuchsaufbau* und dessen Durchführung (28,42%) herausfordernd waren. Beim Versuchsaufbau hatten die Lernenden Schwierigkeiten, die Laborschnüre *richtig anzuschließen* (29,63%), die Elektroden und die Schale *abzuspülen* (25,93%) sowie *Batterien in Reihe zu schalten* (14,81%).

Bei der Teilkategorie *eBook* konnte registriert werden, dass mehrere Kapitel in der App *Bücher* bzw. die dadurch entstandene Auswahlmöglichkeit eine Barriere darstellten (35,00%). Außerdem konnten Barrieren auf das *Drehen der Bildschirmanzeige* (20,00%), das *Inhaltsverzeichnis* des eBook (30,00%) sowie auf das *Verlieren innerhalb des eBook* (15,00%) zurückgeführt werden.

Bei den Arbeitsblättern sind insbesondere Schwierigkeiten verzeichnet worden, die *richtige Zeile zu finden* (39,13%) sowie die verwendeten *Symbole* und Piktogramme zu *identifizieren* bzw. korrekt sinentnehmend zu decodieren (52,17%).

Tab. 16: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Barrieren im ersten Mesozyklus

|          | Ebene     | Kategorie                  | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>4</sup> |
|----------|-----------|----------------------------|------------------|------------------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Barrieren</b>           | <b>219</b>       | <b>31,79%</b>          |
| D        | UK        | Verortung im Selbst        | 30               | 13,70%                 |
| D        | TK        | Unsicherheit               | 0                | 0,00%                  |
| I        | TK        | Versuch muss funktionieren | 2                | 6,67%                  |

<sup>4</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

|   |    |  |     |        |
|---|----|--|-----|--------|
| I | TK | Relevanz-Bias                          | 10  | 33,33% |
| D | TK | Physisch (Motorik & Kraft)             | 17  | 56,67% |
| D | UK | Verortung in Funktionssystemen         | 0   | 0,00%  |
| D | UK | Verortung in Kommunikation/Interaktion | 3   | 1,67%  |
| D | UK | Verortung in der Umwelt                | 186 | 84,93% |
| D | TK | Gestaltungsprinzipien                  | 48  | 25,81% |
| D | TK | Material                               | 95  | 51,08% |
| D | TK | eBook                                  | 20  | 10,75% |
| I | TK | Arbeitsblätter                         | 23  | 12,37% |

In der Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren* sind die meisten Codes in den Teilkategorien *Ausprobieren* von vorherigen Versuchsbedingungen (44,00%), *Nichtstun* (20,00%), *Fluchen* (16,00%) und *Raten* (16,00%) vergeben worden (s. Tab. 17). Insbesondere Fluchen und Nichtstun haben dazu geführt, dass sich die Lehrkräfte den Lernenden zugewandt und sie unterstützt haben.

Tab. 17: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren* im ersten Mesozyklus

|          | Ebene     | Kategorie                            | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>5</sup> |
|----------|-----------|--------------------------------------|------------------|------------------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Umgang mit Barrieren</b>          | <b>25</b>        | <b>100%</b>            |
| I        | UK        | Raten                                | 4                | 16,00%                 |
| I        | UK        | Ausprobieren (vorherige Stunden)     | 11               | 44,00%                 |
| I        | UK        | mehrfach eBook /Handlungen im eBook  | 1                | 4,00%                  |
| I        | UK        | Synchron arbeiten / zusammenarbeiten | 0                | 0,00%                  |
| D        | UK        | Nichtstun                            | 5                | 20,00%                 |
| I        | UK        | Fluchen                              | 4                | 16,00%                 |

1,60% der insgesamt vergebenen Codes entfallen auf die Hauptkategorie *Lehrkraft initiiert Hilfe*. Ihr gegenüber stehen 7,40% der Unterkategorie *Hilfe anfordern*, die zu der Hauptkategorie *Kompetenzen* gehört. Damit initiieren bzw. äußern die Lernenden ca. viermal häufiger eigeninitiativ Unterstützungs- bzw. Hilfebedarf.

## 11.6 Qualitative Ergebnisdarstellung des ersten Mesozyklus

Im Folgenden wird in einer qualitativen Auswertung das Potenzial sichtbar gemacht, das sich aus der Anwendung der Gestaltungsprinzipien für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren ergibt. Außerdem wird auf mögliche Heraus-

<sup>5</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

forderungen, Stolpersteine, Barrieren und den Umgang der Lernenden damit hingewiesen. Als Beleg werden jeweils exemplarische Auszüge aus Originaltranskripten zitiert. Diese wurden ausgewählt, weil

- sie mehrfach aufgetreten sind und daher typische Beispiele darstellen.
- an diesen Transkriptauszügen die Konsequenzen in Bezug auf die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung abgeleitet werden können.
- die Passagen möglichst in sich verständlich sind, d.h. ohne Betrachtung des Videos und der Kenntnisse über die Entstehungssituation und Personen.

Wenn diese Kriterien auf mehrere Transkriptauszüge zutrafen, hat die Länge eine Entscheidung gespielt sowie die Variation der agierenden Lernenden.

### 11.6.1 Hauptkategorie *Funktional*

In der Hauptkategorie *Funktional* wurden alle Ereignisse codiert, die sich darauf zurückführen lassen, dass die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung funktionieren, die Lernenden sich aus eigener Initiative über den nächsten Arbeitsschritt im eBook informierten und diesen dann, entsprechend ihrer individuellen Voraussetzungen, selbstständig ausgeführt haben. Es wurden Codes in den Unterkategorien *Zugänge*, *Sprache*, *Farben* und *Arbeitsblätter* vergeben (s. Abb. 32).

| Codesystem          | IS1 |   | IS2 |   | IS3 |   |   |   | IS4 |   |   |    | IS5 |   |   |    |   |    |   |   |    |
|---------------------|-----|---|-----|---|-----|---|---|---|-----|---|---|----|-----|---|---|----|---|----|---|---|----|
| ▼ <b>Funktional</b> |     |   |     |   |     |   |   |   |     |   |   |    |     |   | 0 |    |   |    |   |   |    |
| > Zugänge           | 3   |   | 1   | 3 | 9   |   | 1 | 2 | 2   | 2 | 1 | 13 | 5   | 7 |   | 1  | 2 | 2  | 1 | 1 | 56 |
| Farben              | 3   |   |     |   | 1   |   | 5 | 1 |     | 1 |   | 2  | 2   | 2 | 1 |    |   |    | 2 |   | 20 |
| Sprache             |     |   | 1   |   |     |   |   | 1 |     |   |   | 1  | 1   | 2 | 1 |    |   |    |   |   | 7  |
| Arbeitsblätter      |     |   |     |   |     |   |   |   |     |   |   |    |     |   |   |    | 2 | 1  |   |   | 3  |
| Σ SUMME             | 6   | 0 | 0   | 1 | 1   | 3 | 1 | 9 | 0   | 5 | 2 | 3  | 3   | 2 | 1 | 16 | 8 | 11 | 2 | 1 | 86 |

Abb. 32: Überblick über die vergebenen Codes in der Hauptkategorie *Funktional* im ersten Mesozyklus

#### 11.6.1.1 Unterkategorie *Zugänge*

Die Unterkategorie *Zugänge* beinhaltet die Teilkategorien Audiodatei, Fotoanleitung, Piktogramme, Video, Text und Multimedia (Text & Foto / Text & Video / Audio & Foto / Audio & Video) (s. Abb. 33).

| Codesystem                 | 1S1       | 1S2       | 1S3       | 1S4        | 1S5       |    |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----|
| Functional                 |           |           |           |            |           | 0  |
| Zugänge                    |           |           |           |            |           | 0  |
| Audiodatei                 |           | 1 2       |           | 2 3 3      | 1         | 12 |
| Fotoanleitung mit Realiter | 2         | 1 7       | 1 2 2     | 3 3        | 1 1       | 23 |
| Piktogramme                |           |           |           |            | 1 1       | 2  |
| Text                       | 1         | 1         | 1         |            |           | 4  |
| Video                      |           |           | 1         | 1          |           | 2  |
| Multimedia                 |           | 1         |           | 8 1 1      | 1         | 13 |
| SUMME                      | 3 0 0 0 1 | 3 0 9 0 0 | 1 2 2 2 1 | 13 5 7 0 1 | 0 2 2 1 1 | 56 |

Abb. 33: Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie Zugänge im ersten Mesozyklus

### 11.6.1.1.1 Teilkategorie *Fotoanleitung mit Realiter*

Die Lernenden nutzten am meisten die Fotos (s. Abb. 33) z.B. zur Identifikation des nächsten Handlungsschrittes, wie Beispiel 1 aus der ersten Stunde verdeutlicht. In dem geht es darum, eine zweite Laborschnur an eine andere Elektrode sowie an eine andere Stelle an einen Motor zu klemmen: [1S1 wischt eine Folie weiter. Blickt auf das Tablet.] „Ah, hier man noch mal die Gleiche.“ (Bsp. 1, 1S1, 1. Stunde, 5. Szene). Außerdem ermöglichten die Fotos eine Eins-zu-eins-Zuordnung zu den benötigten Versuchsmaterialien: [1S4 hält die Zinkplatte neben das Foto im Tablet.] „Ist richtig.“ (Bsp. 2, 1S4, 3. Stunde, 19. Szene). Hierbei hat sich herauskristallisiert, dass Fotos, auf denen die von den Lernenden verwendeten Versuchsmaterialien abgebildet sind, besser funktionieren, als Gegenstände, die nicht mit denen in den Fotos übereinstimmen (s. 11.6.3.2.2). Mithilfe der Fotos konnten die Lernenden das Abgebildete nachstellen und den Versuch aufbauen.

Bsp. 3: 1S4, 3. Stunde, 4. Szene

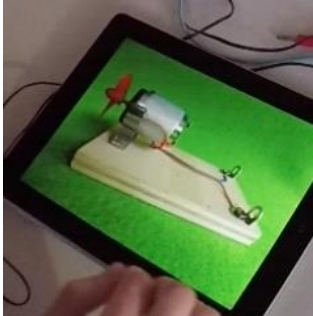


[Blickt auf das Tablet. Legt den Löffel mit dem Salz vor die Salzpackung.]

Das Bsp. 3 mit dem Foto aus dem eBook und einem Standbild aus der Videoaufzeichnung verdeutlichen, dass teilweise die Versuchsmaterialien akribisch, entsprechend der vorgegebenen Abbildung auf dem Arbeitsplatz, drapiert wurden. Darüber hinaus unterstützten die Fotos

die Lernenden dabei, unbekannte Objekte mit unbekanntem Begriffen zu identifizieren (s. Bsp. 4).

Bsp. 4: Stunde 1 (Datei: IMG\_0010.MOV)


|  | Zeit  | Person | Handlung   |
|--|-------|--------|--|
|  | 15:47 | 1S4    | [Lacht, dreht Kopf nach vorne, blickt Richtung Tablet und startet das Audio erneut. Guckt wieder zurück zu L und lacht.]         |
|  | 15:50 | L      | Weißt du, was es ist, [Name von 1S4]?  |
|  | 15:51 | 1S4    | [Lacht weiterhin.] Nein. [Schüttelt lachend den Kopf.]   |
|  | 15:52 | L      | Dann mach mal, klick mal aufs Foto drauf. [Zeigt Richtung Tablet.]   |
|  | 15:52 | 1S4    | [Dreht den Kopf nach vorne, blickt Richtung Tablet und tippt auf das Foto mit dem Motor, das sich bildschirmfüllend vergrößert.] |
|  | 15:54 | L      | Mal gucken, ob du das Ding findest. [Bewegt sich von S4 weg.]  |
|  | 15:56 | 1S4    | Ja. [Setzt Kopfhörer ab.]  |
|  | 15:57 | L      | Darfst mal suchen gehen, da vorne. [Zeigt Richtung Materialtisch.]   |
|  | 16:02 | 1S4    | [Steht auf und geht Richtung Materialtisch.]   |
|  | 16:03 | L      | [Im Gespräch mit 1S1.]   |
|  | 16:08 | 1S4    | [Nimmt zielsicher den Motor, geht zurück zum Arbeitsplatz.]  |

#### 11.6.1.1.2 Teilkategorie **Audiodatei**


Neben den Fotos haben die Lernenden die Audiodateien genutzt, um sich über den nächsten Arbeitsschritt zu informieren: [1S4 startet eine Audiodatei.] „Eine schwarze Platte.“ [Setzt die Kopfhörer ab, steht auf und geht zum Materialtisch.] „Eine schwarze Platte.“ [Nimmt eine Kohle-Platte und bringt sie zum Arbeitsplatz.] (Bsp. 5, 1S4, 2. Stunde, 6. Szene). Die Audiodateien haben, wie auch die Fotos, die Lernenden dabei unterstützt, unbekannte Objekte mit unbekanntem Begriffen zu identifizieren und darüber hinaus ihren Wortschatz zu erweitern (s. Bsp. 6 & Bsp. 7). Es konnte registriert werden, dass die Lernenden zum einen die Audiodateien

häufiger abgespielt haben, bevor sie die darin gehörten Begriffe benennen konnten. Außerdem haben sie die Inhalte der Audiodateien mehrfach leise memoriert, während sie das entsprechende Material geholt oder die Handlung ausgeführt haben.

Bsp. 6: Stunde 1 (Datei: IMG\_0331.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung  |
|---|-------|--------|---|
|  | 10:07 | 1S4    | [Sitzt am Arbeitsplatz, hat Kopfhörer auf, guckt auf das Tablet, tippt einmal darauf und startet die Audiodatei: Zwei Leitungen – eine rote und eine blaue. L steht neben 1S4.] |
|   | 10:09 |        | [Hebt Kopf und blickt Richtung L.] ... Was? Zwei?   |

Bsp. 7: Stunde 1 (Datei: IMG\_0010.MOV)

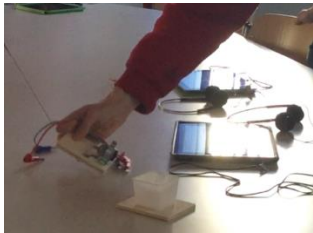
|   | Zeit  | Person | Handlung   |
|---|-------|--------|--|
|  | 31:22 | 1S4    | [Hat Kopfhörer auf, blickt zur Seite, dreht den Kopf nach vorne und blickt auf das Tablet.] Äh? Was? |
|   | 31:28 |        | Moment. [Tippt auf das Tablet und startet eine Audiodatei.]  |
|   | 31:36 |        | [Lehnt sich zurück.] Ach, die blaue Leitung, [Namen von L].  |

### 11.6.1.1.3 Teilkategorie Multimedialer Zugang

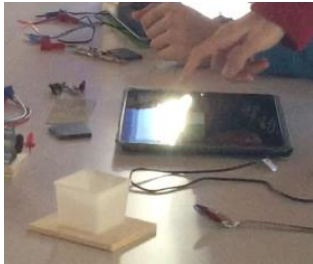
Diese multiplen Repräsentationsmittel (Text & Foto / Text & Video / Audio & Foto / Audio & Video) haben die Lernenden eigenständig flexibel angewendet. In manchen Situationen haben sie dieselbe Information mittels verschiedener Zugänge eingeholt, wie Beispiel 8 verdeutlicht: [1S4 schließt den Vollbildmodus des Fotos und startet die zweite Audiodatei auf der Folie.] (Bsp. 8, 1S4, 1. Stunde, 16. Szene). In anderen Fällen haben die Lernenden die Möglichkeit genutzt, zwischen den verschiedenen Zugängen zu wählen und zu wechseln (s. Bsp. 9 & Bsp. 10).



Bsp. 9: Stunde 1 (Datei: IMG\_0331.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung  |
|---|-------|--------|---|
|  | 09:59 | 1S2    | [Steht auf und läuft zum Materialtisch.]  |
|   | 10:55 |        | [Kommt mit mehreren Materialien – Schale, blaue Laborschnur, rote Laborschnur, Motor, Piepser – zurück.]      |
|   | 11:04 |        | [Legt Schale, blaue Laborschnur, rote Laborschnur sowie Motor auf dem Tisch ab. Schaut dabei auf das Tablet.] |
|   | 11:14 |        | [Behält Piepser in der Hand und bringt diesen zurück zum Materialtisch.]                                      |

Bsp. 10: Stunde 1 (Datei: IMG\_0331.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung  |
|---|-------|--------|---|
|  | 13:34 | 1S2    | [Steht neben dem eigenen Arbeitsplatz, greift nach den Kopfhörern und setzt diese auf.] |
|   | 13:41 |        | [Startet eine Audiodatei auf der Folie.]  |
|   | 13:43 |        | [Legt beide Hände auf die Kopfhörer.]   |
|   | 13:46 |        | [Setzt Kopfhörer ab.]   |
|   | 13:48 |        | [Geht Richtung Teeküche.]   |

## 11.6.2 Hauptkategorie Kompetenzen

In der Hauptkategorie *Kompetenzen* wurden alle Ereignisse codiert, in denen die Lernenden explizit vorhandene Kompetenzen oder einen Kompetenzzuwachs durch Äußerungen oder Handlungen zeigten. Sie gliedert sich in Unterkategorien, die teilweise wiederum Teilkategorien enthalten (s. Abb. 34).

| Codesystem                | 1S1                  | 1S2                | 1S3                | 1S4                  | 1S5                  |            |
|---------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------|
| <b>Kompetenzen</b>        |                      |                    |                    |                      |                      | 0          |
| > Versuchsergebnis        | 1 7 3 2              | 7 1 3 1            | 3 1 1 3 6 7 4      | 6 4 2 2              | 63                   |            |
| > Mitschüler*innen helfen | 2                    | 1                  | 2 1                |                      | 7                    |            |
| > Hilfe anfordern         | 1 2 1 4 1            | 4 2                | 1 2 4              | 6 5 6 3 3            | 3 1 2                | 51         |
| > Transfer                |                      | 3                  | 2                  |                      | 5                    |            |
| > Tablet-Bedienung        | 1 2                  | 2                  |                    | 5                    | 1 1                  | 12         |
| > eBook als Hilfsmittel   | 2 1 1 2 3            | 1                  | 2 1 2              | 16 9 12 1 3          | 2                    | 59         |
| > (Handlungs-)Wissen      | 3 2 1 2 13           | 1 8 1 26           | 2 2 3 3 5          | 5 5 6 3 2            | 4 3 9 12             | 121        |
| > Hypothesenbildung       |                      | 9                  |                    |                      |                      | 9          |
| <b>SUMME</b>              | <b>7 10 10 11 25</b> | <b>0 5 18 2 41</b> | <b>3 2 11 6 13</b> | <b>35 25 31 7 12</b> | <b>1 11 12 12 17</b> | <b>327</b> |

Abb. 34: Überblick über die vergebenen Codes in der Hauptkategorie Kompetenzen im ersten Mesozyklus



### 11.6.2.1 Unterkategorie (*Handlungs-*)Wissen

Die meisten Codes wurden in der Unterkategorie (*Handlungs-*)Wissen vergeben. Der größte Teil entfällt auf die Kompetenz in der Interaktion mit einer Lehrkraft, äußern zu können, was sie machen mussten, wie in 1S1 in Beispiel 11: „Den [sic!] Rote muss nach da.“ [*Zeigt erst auf die am braunen Kabel des Motors angeschlossene rote Laborschnur und dann auf den anderen Motoranschluss.*] (Bsp. 11, 1S1, 1. Stunde. 6. Szene). Teilweise haben die Lernenden gehandelt, statt sich zu äußern, was im folgenden Transkriptauszug deutlich wird: L: „So, wo kommt das hin?“ [*Gibt 1S2 das andere Ende der blauen Laborschnur.*] – 1S2: [*Klemmt dieses Ende der blauen Laborschnur an die Zinkplatte in der dazu gestellten Schale.*] (Bsp. 12, 1S2, 5. Stunde, 10. Szene). In dieser Teilkategorie wurden auch Ereignisse codiert, in denen die Lernenden Fehler beim Versuchsaufbau bzw. der -durchführung identifizierten und somit ihr Wissen bzgl. der korrekten Handhabung deutlich wurde wie in der folgenden Sequenz: L: [*Zeigt auf die an den Motor geklemmte blaue Laborschnur.*] „Ist da richtig?“ – 1S5: „Nein!“ (Bsp. 13, 1S5, 3. Stunde, 4. Szene).

Zur Unterkategorie (*Handlungs-*)Wissen zählen auch Ereignisse, in denen die Lernenden den Versuch aus der Erinnerung aufgebaut bzw. durchgeführt haben, d.h. ohne sich vorher im e-Book zu informieren: [*1S4 nimmt zwei rot isolierte Krokodilklemmen und eine rote Laborschnur in die Hand. Auf dem Tablet ist das Foto eines Motors im Vollbildmodus zu sehen. Steckt eine rot isolierte Krokodilklemme auf einen Bananenstecker der roten Laborschnur.*] (Bsp. 14, 1S4, 2. Stunde. 2. Szene).

Die übrigen Codes in dieser Unterkategorie entfallen auf die Teilkategorien *Platten berühren*, *Lehrmaterialkenntnis*, *Materialhandhabung*, *Platten abspülen*, *Anschlusskontrolle*, *Umpolen* und *Umrühren* (s. Abb. 35).

| Codesystem                     | 1S1 | 1S2 | 1S3 | 1S4 | 1S5 |    |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Kompetenzen                    |     |     |     |     |     | 0  |
| ( <i>Handlungs-</i> )Wissen    | 1   |     |     |     |     | 1  |
| Propeller drehen               |     |     |     |     |     | 0  |
| Materialhandhabung             |     |     |     | 1   | 1   | 1  |
| Lehrmaterialkenntnis           |     |     | 1   | 2   | 1   | 5  |
| Anschlusskontrolle             |     | 3   |     |     |     | 3  |
| Platten abspülen               | 1   |     |     |     |     | 1  |
| Versuchsaufbau auswendig       | 1   | 1   | 1   | 3   | 1   | 2  |
| Umrühren                       |     |     | 1   |     |     | 1  |
| Versuchsaufbau - Lehrerinterak | 2   | 1   | 1   | 15  | 2   | 1  |
| Umpolung                       |     |     | 1   |     |     | 1  |
| Platten berühren               |     | 2   | 1   | 3   |     | 10 |
| SUMME                          | 3   | 2   | 1   | 2   | 11  | 0  |
|                                |     | 1   | 8   | 1   | 23  | 2  |
|                                |     | 2   | 2   | 3   | 3   | 5  |
|                                |     | 5   | 3   | 6   | 3   | 2  |
|                                |     | 0   | 3   | 3   | 9   | 11 |
|                                |     |     |     |     |     | 12 |

Abb. 35: Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie (*Handlungs-*) Wissen im ersten Mesozyklus

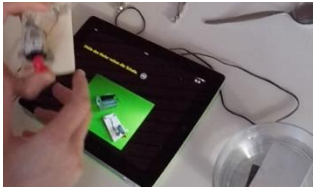
### 11.6.2.2 Unterkategorie *Versuchsergebnis*

Die Kompetenz, das Versuchsergebnis zu beobachten und dieses richtig zu verbalisieren, ist als eigene Kategorie codiert worden. Beim Codieren wurde außerdem zwischen der Kompetenz differenziert, das Ergebnis verbal, nonverbal, also durch Gebärden bzw. durch Zeigegesten zu kommunizieren, und der Kompetenz, das Versuchsergebnis auf dem Arbeitsblatt zu notieren. Der folgende Transkriptauszug ist typisch für die erste Kompetenz: 1S1: „Der dreht ... äh ... langsam.“ [*Zeigt auf den Motor im aufgebauten Versuch.*] (Bsp. 15, 1S1, 3. Stunde, 10. Szene). Das Beispiel 15 steht exemplarisch für die andere Kompetenz: [*1S4 kreuzt das Symbol für ‚langsam‘ an.*] (Bsp. 16, 1S4, 2. Stunde, 20. Szene).

### 11.6.2.3 Unterkategorie *eBook als Hilfsmittel*


Codes in der Unterkategorie *eBook als Hilfsmittel* wurden vergeben, wenn die Lernenden Fragen der Lehrkräfte, was sie als nächstes tun sollten, nicht beantworten konnten, dann das eBook zurate gezogen haben (s. Bsp. 18) oder wenn sie dies eigeninitiativ getan haben, wie Beispiel 17 verdeutlicht: [*1S4 setzt die Kopfhörer auf.*] „So, was brauch ich denn noch?“ [*Tippt auf den Bildschirm des Tablets und startet ein Audio.*] (Bsp. 17, 1S4, 1. Stunde, 8. Szene). Es wurden ebenfalls Codes vergeben, wenn die Lernenden Fragen beantwortet haben, indem sie Audiodateien angehört, diese dann rezipiert oder indem sie auf Fotos im eBook gezeigt haben (s. Bsp. 19).

Bsp. 18: Stunde 1 (Datei: IMG\_0010.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung  |
|---|-------|--------|---|
|  | 26:34 | L      | Was sollst du neben die Schale stellen?   |
|   | 26:36 | 1S4    | [ <i>Dreht Kopf nach vorne, blickt nach unten, Richtung Tablet, tippt drauf und startet die Audiodatei.</i> ] |
|   | 26:40 |        | Den Motor neben die Schale. [ <i>Dreht Kopf wieder zur Seite und blickt L an.</i> ]                           |

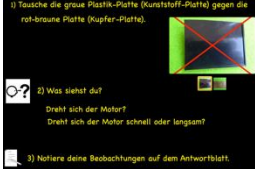
Bsp. 19: Stunde 3 (Datei: GP010050.MP4)

|  | Zeit  | Person | Handlung   |
|--|-------|--------|--|
|  | 15:36 | L      | [ <i>Nimmt das Ende der blauen Laborschnur 1S4 ab.</i> ]<br>Was musst du ... Wo muss das dran? |

|   |       |     |   |
|---|-------|-----|---|
|  | 15:39 | S14 | <p>[Tippt mit einem Finger der jetzt freien Hand auf ein Foto im eBook, das sich im Vollbildmodus öffnet. Zeigt auf die Stelle im Foto, wo die Schale mit den beiden Platten und den angeklebten Laborschnü-<br/>ren zu sehen ist.]</p> |
|---|-------|-----|---|

Die Lernenden haben das eBook und insbesondere die Audiodateien auch als Hilfsmittel herangezogen, um von sich aus Gespräche zu initiieren oder die richtige Antwort zu geben, wenn sie diese nicht wussten und/oder nicht den aktiven Wortschatz hatten, sie zu verbalisieren (s. Bsp. 20). Damit konnten sie an Kommunikationsprozessen teilnehmen.

Bsp. 20: Stunde 3 (Datei: IMG\_0038.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung  |
|---|-------|--------|---|
|  | 05:49 | L      | [Wischt Tablet eine Folie weiter.]  |
|   | 05:51 |        | So. Welche musst du austauschen? [Zeigt auf ein Foto mit einer durchgestrichenen Plastik-Platte.]               |
|   | 05:54 | 1S5    | [Greift zu den Kopfhörern und setzt sie auf.]   |
|   | 06:01 |        | [Startet eine Audiodatei, die sagt, dass die Plastik-Platte durch eine Kupfer-Platte ausgetauscht werden soll.] |
|   | 06:07 | 1S5    | Plastik.  |

#### 11.6.2.4 Unterkategorie *Hilfe anfordern*

Wenn nicht das eBook als Hilfsquelle genutzt wurde, haben die Lernenden die Lehrkräfte oder Mitschüler\*innen um Unterstützung gebeten bzw. sich an ihren Mitschüler\*innen orientiert. Die bei den Lehrkräften angeforderte Hilfe wurde codiert, wenn Lernende sie verbal äußerten, sich meldeten, den Lehrkräften Versuchsmaterialien hinhielten oder mit ihnen durch Blicke kommunizierten. *Mitschüler\*innen orientieren*, wurde codiert, wenn Lernende eindeutig zu einer anderen Person bzw. einem anderen Versuch geschaut haben, wie im Beispiel 21: [1S4 schaut in Richtung 1S1, dann auf den eigenen aufgebauten Versuch und dann wieder in Richtung 1S1.] (Bsp. 21, 1S4, 4. Stunde, 4. Szene).

### 11.6.3 Hauptkategorie *Barrieren*

Beim Codieren der Videoaufzeichnungen sind neben Hinweisen für die Funktionalität und auf die Kompetenz der Lernenden auch Herausforderungen bzw. Barrieren identifiziert worden. Diese bilden die dritte Hauptkategorie. Um leichter Rückschlüsse auf die Gestaltungsprinzipien ziehen zu können, wurden die Barrieren in Anlehnung an Krönig (2015) in die Unterkategorien *Verortung im Selbst*, *Verortung in Funktionssystemen*, *Verortung in Kommunikation/Interaktion* und *Verortung in der Umwelt* untergliedert (s. 3.3).

#### 11.6.3.1 Unterkategorie *Verortung im Selbst*

Die Barrieren, die im Selbst verortet werden, entstehen aus komplexen Wechselwirkungen zwischen individuellen Ausgangsbedingungen und der Situation. Im folgenden Transkriptauszug wird deutlich, dass beispielsweise dieser Versuch bei einer eingeschränkten Motorik, also einer physischen Individualität, das selbstständige Experimentieren konterkariert. [*IS3 versucht, die Krokodilklemme zu öffnen und an die Kohleplatte zu klemmen. Die Hände zittern und die Kraft reicht nicht aus, die Krokodilklemme lange und weit genug zu öffnen, damit L die Kohleplatte festklemmen kann.*] (Bsp. 22, 1S3, 5. Stunde, 9. Szene).

Als im *Selbst verortete Barriere* wurden auch Situationen codiert, in denen die Lernenden nicht entscheiden konnten oder wussten, was relevant beim Versuchsaufbau und der -durchführung ist. Der folgende Transkriptauszug verdeutlicht dies am Beispiel des Anklemmwinkels einer Krokodilklemme an eine Elektrode. [*Die senkrecht an den Piepser angeklebte Laborschnur bewegt sich einige Grad in die Waagerechte. IS5 klemmt die rote Laborschnur ab, schaut sich die Krokodilklemme an und klemmt sie wieder senkrecht an den Piepser.*] (Bsp. 23, 1S5, 4. Stunde, 3. Szene).

#### 11.6.3.2 Unterkategorie *Verortung in der Umwelt*

Die Unterkategorie *Verortung in der Umwelt*, d.h. Barrieren, die z.B. auf den Erfahrungsraum der Lernenden, auf die konkreten Lerngegenstände des Faches bzw. der Stunde, auf die vorhandene Ausstattung und Einrichtung des Raums oder auf die spezifischen Denk- und Arbeitsweisen zurückzuführen sind, wurden weiter untergliedert, und zwar in die Teilkategorien *Gestaltungsprinzipien*, *genutztes Material*, *eBook* und *Arbeitsblätter* (s. Abb. 36).

| Codesystem              | IS1 |   |    |   | IS2 |   |   |   | IS3 |   |   |   | IS4 |   |   |    | IS5 |    |   |   |    |    |    |   |   |     |
|-------------------------|-----|---|----|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|----|-----|----|---|---|----|----|----|---|---|-----|
| Barrieren               |     |   |    |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |    | 0   |    |   |   |    |    |    |   |   |     |
| Verortung in der Umwelt |     |   |    |   |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |    | 0   |    |   |   |    |    |    |   |   |     |
| Gestaltungsprinzipien   | 4   | 1 | 5  | 2 |     |   | 1 |   | 2   | 1 |   |   | 5   | 7 | 7 | 2  | 1   | 1  | 2 | 7 | 48 |    |    |   |   |     |
| Material                | 7   | 2 | 4  | 1 | 1   | 2 | 2 | 6 | 8   | 3 | 1 | 3 | 1   | 3 | 9 | 7  | 17  | 2  | 3 | 5 | 6  | 2  | 95 |   |   |     |
| eBook                   | 2   | 1 |    |   |     | 6 | 3 |   |     | 1 |   |   |     |   | 2 | 1  |     |    | 1 | 1 | 1  | 1  | 20 |   |   |     |
| Arbeitsblätter          |     |   | 3  |   |     |   |   |   |     | 1 |   |   |     |   | 6 | 5  |     |    | 4 | 4 |    |    | 23 |   |   |     |
| SUMME                   | 11  | 5 | 13 | 3 | 1   | 2 | 8 | 9 | 1   | 8 | 5 | 2 | 5   | 1 | 3 | 14 | 20  | 31 | 1 | 4 | 4  | 11 | 12 | 4 | 8 | 186 |

Abb. 36: Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie Verortung [der Barrieren] in der Umwelt im ersten Mesozyklus

### 11.6.3.2.1 Teilkategorie Gestaltungsprinzipien



Bei detaillierter Betrachtung der vergebenen Codes in der Kategorie *Gestaltungsprinzipien* fällt auf, dass die interaktiv-gestalteten Folien eine Herausforderung darstellten. Die Lernenden waren z.B. mit Hyperlinks oder Zuordnungsaufgaben nicht vertraut und konnten diese Funktionen nicht selbst erschließen.

Einige Lernende hatten Schwierigkeiten, sich auf der Folie zu orientieren und die Arbeitsanweisungen in der im eBook vorgegeben Reihenfolge zu erledigen. Dadurch wurden teilweise Arbeitsschritte übersprungen und somit ausgelassen oder der Versuch wurde falsch aufgebaut bzw. durchgeführt: L: „Was musst du als Erstes machen?“ – IS4: „Ins Wasser.“ [*Zeigt mit dem linken Zeigefinger Richtung Messbecher mit Leitungswasser. Zweite Arbeitsanweisung im eBook: ‚Gib 1 Teelöffel Salz in das Wasser. ‚ (Bsp. 24, IS4, 1. Stunde 14. Szene).*

Im eBook waren die verschiedenen Versuchsphasen mithilfe von Zwischenfolien wie ‚Versuch aufbauen‘, ‚Versuch durchführen‘ oder ‚Ergebnis überprüfen‘ gekennzeichnet. Diese Zwischenfolien bzw. das Fehlen einer Arbeitsanweisung stellte eine Herausforderung für die Lernenden dar und machte eine Unterstützung durch die Lehrkraft nötig. IS4: „[Name von L], Versuch 1.“ [*Setzt Kopfhörer ab.*] – L: [*Unterbricht Gespräch mit S1 und dreht den Kopf Richtung IS4.*] „Ja,“ [*nickt*] „mach mal weiter.“ – IS4: „Okay.“ [*Setzt Kopfhörer wieder auf, wischt im Tablet eine Folie weiter und startet eine Audiodatei.*] (Bsp. 25, IS4, 3. Stunde, 3. Szene).

Es konnte ebenfalls konstatiert werden, dass es eine Barriere war, wenn das eBook nicht in Form einer sogenannten Kochbuchanleitung gestaltet war (s. Bsp. 26). Die Lernenden mussten dann selber überlegen, welche Materialien sie benötigten, wie der Versuch aufgebaut wurde oder wie der Aufbau variiert werden könnte.

Bsp. 26: Stunde 4 (Datei: IMG\_0039.MOV)

|   | Zeit | Person | Handlung   |
|---|------|--------|--|
|   | 8:32 | 1S1    | [Wischt im Tablet eine Folie weiter.]  |
|   | 8:33 |        | [Wischt im Tablet erst eine, dann noch eine Folie weiter.]   |
|   | 8:36 |        | [Wischt im Tablet noch eine Folie weiter.]   |
|   | 8:38 |        | [Wischt im Tablet noch eine Folie weiter.]   |
|   | 8:40 |        | [Wischt im Tablet noch eine Folie weiter.]   |
|   | 8:44 |        | [Wischt im Tablet noch eine Folie weiter. Will noch eine Folie weiter wischen, was aber nicht geht, da das eBook zu Ende ist.] |
|   | 8:46 |        | [Wischt im Tablet acht Folien zurück.]   |
|   | 8:56 |        | [Wischt im Tablet noch drei Folien zurück auf die Startseite]  |
|   | 8:59 |        | [Wischt im Tablet wieder zwei Folien weiter.]  |
|   | 9:08 |        | [Wischt im Tablet noch eine Folie weiter.]   |
|   | 9:12 |        | [Wischt im Tablet noch zwei Folien weiter.]  |
|  | 9:12 | 1S4    | Baue eine Batterie, die Geräusche macht. [Aus dem Off.]  |
|   | 9:14 |        | [Blickt auf und in Richtung 1S4.]  |
|   | 9:14 | L      | Ja, dann, was brauchst du dafür, ... [Name von 1S4]? [Aus dem Off.]  |
|   | 9:21 | 1S1    | [Name von 1S3], kannst du mir mal ... [unverständlich].  |
|   | 9:26 |        | [Wischt im Tablet erst eine Folie weiter, dann wieder zurück.]   |
|   | 9:30 |        | [Blickt in Richtung 1S3. 1S3 geht Richtung Schrank.]   |
|   | 9:33 |        | [Blickt zurück auf das Tablet und wischt eine Folie zurück.]   |
|   | 9:37 | L      | [Geht zu 1S1 und wischt eine weitere Folie zurück.]<br>Genau, du sollst hier ... [Zeigt auf den Text im Tablet.]               |
|   | 9:41 | 1S1    | [Liest vor.] Hole .... dir die Sachen, die du brauchst.  |
|   | 9:49 | L      | Was brauchst du alles für die Batterie?  |


|  |       |     |  |
|--|-------|-----|--|
|  | 9:52  | 1S1 | <i>[Richtet sich auf, blickt über den Tisch, steht auf und geht zum Materialtisch.]</i>  |
|  | 10:21 |     | <i>[Geht zurück zum Arbeitsplatz, legt eine Schale sowie eine rote und eine blaue Laborschnur ab und geht zurück zum Materialtisch.]</i> |

In der dritten Stunde stellte die Galeriefunktion eine Barriere dar. Mit dieser Funktion können mehrere Bilder im eBook eingefügt werden, in denen die Lernenden blättern können. Mithilfe der Galerie sollte der Austausch einer Elektrode multimedial gestaltet werden. Die Lernenden hatten Schwierigkeiten, innerhalb der Galerie zu blättern und diese sinnentnehmend zu verstehen, d.h., die Arbeitsanweisung eigenständig umzusetzen: 1S1: „Äh, was muss ich hier jetzt machen?“ *[Zeigt auf die Galerie im Tablet.]* (Bsp. 27, 1S1, 3. Stunde. 6. Szene).

### 11.6.3.2.2 Teilkategorie *Material*

In der Kategorie *Material* ist auffällig, dass die realen Versuchsmaterialien mit denen übereinstimmen mussten, die in den Fotos und Videos zu sehen sind. Wenn diese Realiterübereinstimmung nicht gegeben war, hatten die Lernenden Schwierigkeiten, Materialien zu identifizieren und den Versuch aufzubauen bzw. durchzuführen (s. Bsp. 28).

*Bsp. 28: Stunde 2 (Datei: GOPR0040.MP4)*

|   | Zeit  | Person | Handlung  |
|---|-------|--------|---|
|  | 07:36 |        | Oh, wo is 'ne Schale?   |
|   | 07:38 | L      | <i>[Dreht sich Richtung S4 am Materialtisch.]</i> Is' keine mehr da?  |
|   | 07:40 | 1S4    | Neee!   |
|   | 07:43 | L      | Eigentlich steht da noch eine. <i>[Dreht sich wieder Richtung Materialtisch um und zeigt auf eine Plastikschale.]</i> |
|   | 07:45 |        | Nimmst du so 'ne, äh, Plastik-Schale?   |
|   | 07:46 | 1S4    | <i>[Greift sich die Plastik-Schale und geht zurück zum Arbeitsplatz.]</i>   |
|   | 07:48 |        | Ja, ausnahmsweise.  |



Die richtige Identifizierung des benötigten Materials wurde zusätzlich erschwert, wenn auf dem Materialtisch nicht nur die Materialien der aktuellen Stunden lagen, sondern auch die, die in anderen Stunden benötigt wurden.

In der dritten Stunde hat sich herauskristallisiert, dass die Lernenden Probleme hatten, die verschiedenen Platten eindeutig zu identifizieren und somit die Elektroden entsprechend der Anweisung zu tauschen bzw. miteinander zu kombinieren. Insbesondere die Kupfer- und die Messingplatte sowie die Aluminium- und die Zinkplatte wurden verwechselt: *[Nimmt die Kupferplatte, die neben der Messingplatte auf dem Tisch liegt.]* (Bsp. 29, 1S3, 3. Stunde, 3. Szene).

Eine weitere Barriere war das Berühren der Elektroden, weil dadurch kein Strom umgewandelt werden konnte. Die Elektroden haben sich u.a. berührt, wenn die Lernenden diese nicht mit Abstand in die Schale gestellt haben. Zumeist sind die Elektroden umgefallen, weil die angeklemmte Laborschnur den Schwerpunkt verändert hat. Wenn die Laborschnur bewegt und z.B. an einen Stromumwandler geklemmt wurde, hat auch dies zu einem Umkippen der Platten geführt. *[Greift nach einem Ende der roten Laborschnur, an dem eine Krokodilklemme steckt. Das andere Ende ist an die Kohle-Platte geklemmt. Dadurch fällt die Kohle-Platte wieder um und berührt die Zink-Platte.]* (Bsp. 30, 1S1, 1. Stunde, 4. Szene).

Insbesondere die Krokodilklemmen waren als Material herausfordernd. Dies zeigte sich u.a. daran, dass die Krokodilklemmen auf die Laborschnüre geklemmt statt gesteckt wurden. Das Öffnen der Krokodilklemmen setzt physische Fähigkeiten voraus wie z.B. den Pinzettengriff oder Fingerkraft (s. Barrieren, die im Selbst verortet sind). *[Öffnet die Krokodilklemme und klemmt einen Bananenstecker der roten Laborschnur ein.]* (Bsp. 31, 1S4, 1. Stunde, 15. Szene).

Auch beim Versuchsaufbau und der -durchführung sind Situationen codiert worden, in denen die Lernenden Schwierigkeiten hatten bzw. auf Barrieren gestoßen sind. Dazu gehört u.a. die Fähigkeit, die Elektroden richtig mit den Polen der Stromumwandler zu verbinden, wie folgender Transkriptauszug verdeutlicht: *[1S4 will die rote Laborschnur an die Zink-Platte klemmen, an der schon die blaue Laborschnur befestigt ist.]* (Bsp. 32, 1S4, 3. Stunde, 13. Szene). In der zweiten Stunde variierten die Lernenden das Elektrolyt. Sie sollten es wegschütten, die Elektroden sowie die Schale ausspülen und vom vorherigen Elektrolyt reinigen. Dies wurde von den Lernenden häufig nicht befolgt. Stattdessen haben sie alle Elektrolyte ineinander gekippt. *[1S1 überspringt dabei die Arbeitsanweisungen, die Beobachtungen zu notieren sowie die Platten und Schale abzuspülen.]* (Bsp. 33, 1S1, 2. Stunde, 2. Szene). In der fünften und letzten Stunde sollten die Lernenden Batterien in Reihe schalten. Es zeigte sich, dass ihnen auch dieser Versuchsaufbau bzw. -umbau Schwierigkeiten bereitete. *[1S2 klemmt die gelbe Laborschnur an*



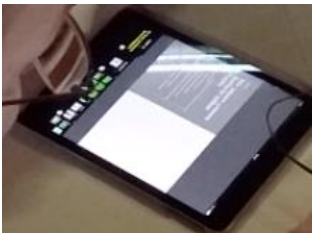
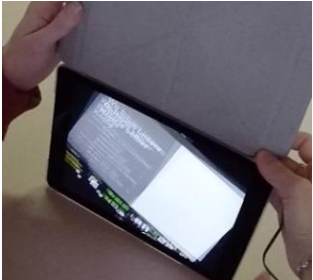
die Kohleplatte, an der schon eine gelbe Laborschnur klemmt.] (Bsp. 34, 1S2, 5. Stunde, 9. Szene).

### 11.6.3.2.3 Teilkategorie eBook

Beim eBook stellte sich heraus, dass die Lernenden Schwierigkeiten hatten, das aktuelle eBook auszuwählen, wenn in der App Bücher mehrere bzw. alle angezeigt wurden: L: *[Kommt auf dem Weg bei 1S5 vorbei.]* „Darf ich mal eben gucken, ob du das Richtige hast?“ *[Stellt sich neben 1S5, tippt auf das Tablet und überprüft, welches Kapitel 1S5 geöffnet hat.]* „Nee, du bist falsch.“ *[Schließt das Kapitel und öffnet das richtige.]* „Da darfst du!“ (Bsp. 35, 1S5, 3. Stunde, 1. Szene).

Außerdem brauchten sie Unterstützung, die erste Seite auszuwählen und im Vollbildmodus zu öffnen, wenn die Inhaltsübersicht des eBook angezeigt wurde und unten in einer Leiste die Folien des eBook zu sehen sind. Darüber hinaus war für einige Lernende das Drehen der Bildschirmanzeige herausfordernd (s. Bsp. 36).

Bsp. 36: Stunde 2 (Datei: IMG\_0036.MOV)

| Stunde 2 (Datei: IMG_0036.MOV)  |       |        |   |
|---|-------|--------|---|
|   | Zeit  | Person | Handlung  |
|  | 03:45 | 1S2    | <i>[Das Tablet liegt querkant auf dem Arbeitsplatz. 1S2 schlägt den Deckel der Tablet-Hülle um. Der Bildschirm leuchtet auf. Das Bild ist um 90° nach links gedreht.]</i> |
|   | 03:50 |        | <i>[Greift nach den Kopfhörern, wickelt das Kabel ab, behält den Kopfhöreranschluss in der Hand, legt die Kopfhörer auf den Tisch.]</i>                                   |
|  | 04:08 |        | <i>[Beugt sich über das Tablet, tippt auf das Kapitel der heutigen Stunde. Es öffnet sich eine Inhaltsübersicht des Kapitels.]</i>  |
|   | 04:12 |        | <i>[Dreht das Tablet auf dem Tisch und beugt sich darüber.]</i>   |
|   | 04:13 | L      | <i>[Steht am nächsten Arbeitsplatz und redet mit 1S4.]<br/>Möchst'e..., Wie rum möchtest du es wieder haben?<br/>[zu 1S2]</i>   |

|       |     |   |
|-------|-----|---|
| 04:16 | 1S2 | So rum wieder. <i>[Dreht das Tablet wieder zurück und beugt sich von links nach rechts über das Tablet.]</i>  |
| 04:17 | L   | So rum. Weißt du noch, wo die Kopfhörer waren?  |
| 04:21 | 1S2 | <i>[Führt den Kopfhörer zur oberen rechten Ecke und steckt sie dort ein.]</i>   |
| 04:28 |     | So. <i>[Guckt auf das Tablet. Das Bild ist immer noch um 90° nach links gedreht.]</i>   |
| 04:30 |     | <i>[Guckt nach rechts, Richtung 1S4, dann Richtung L.]</i>  |
| 04:31 | L   | Genau, dann musst du es... <i>[Geht zu 1S2.]</i> Heb's einmal hoch. <i>[Bewegt beide Unterarme Richtung Gesicht.]</i>   |
| 04:34 | 1S2 | <i>[Greift das Tablet und hebt die rechte Seite an.]</i>  |
| 04:34 | L   | So - nee, ja. Warte, so rum. <i>[Greift zum Tablet von 1S2.]</i>  |
| 04:37 |     | <i>[Kippt es nach vorne Richtung 1S2. Der Bildschirm dreht sich um 90° nach links.]</i> Wenn du es so hebst, dann dreht sich das. <i>[Lässt das Tablet wieder los.]</i> |
| 04:38 | 1S2 | Aha. <i>[Legt das Tablet auf den Tisch.]</i>  |

#### 11.6.3.2.4 Teilkategorie *Arbeitsblätter*

In der Kategorie *Arbeitsblätter* zeigen die vergebenen Codes, dass die Barrieren einerseits darin bestehen, die richtige Zeile bzw. den Aufgabenteil entsprechend der Versuchsbedingungen zu finden: L: „Wir sind hier in der Zeile.“ *[Zeigt auf dem Arbeitsblatt auf die dritte Zeile einer Tabelle und fährt mit dem Finger entlang.]* (Bsp. 37, 1S5, 3. Stunde. 7. Szene). Andererseits bereiteten die Identifikation und Decodierung der verwendeten Piktogramme den Lernenden Schwierigkeiten: S: „Schnell.“ – L: „Dann guck mal, wo das schnelle Tier ist.“ – *[1S4 zeigt auf das Symbol für ‚langsam‘, auf eine Schnecke.]* (Bsp. 38, 1S4, 3. Stunde. 18. Szene).

#### 11.6.4 Hauptkategorien *Umgang mit Barrieren und Sonstiges*

Die übrigen Codes des ersten Mesozyklus entfallen auf die Hauptkategorien *Umgang mit Barrieren* und *Sonstiges*. In der Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren* wurden Situationen codiert, bei denen die Lernenden Schwierigkeiten hatten. Dazu zählt beispielsweise, wenn über den Stromumwandler kein Stromfluss festzustellen war. Einige Lernende haben darauf mit *Nichtstun*, *Raten* oder *Ausprobieren* von Versuchsvarianten reagiert wie Beispiel 39, zeigt: *[1S1*

*kommt mit einer Kupferplatte zurück zum Arbeitsplatz und setzt sich. Stellt die Kupferplatte in die Schale. Nimmt das Ende der blauen Laborschnur und klemmt es an die Kupferplatte.]* (Bsp. 39, 1S1, 5. Stunde, 3. Szene).

In die Hauptkategorie *Sonstiges* wurden codierte Situationen subsumiert, in denen die Lernenden ein Autonomiebestreben äußerten. 1S3: „Ich möchte das heute versuchen, alleine zu machen.“ *[Nimmt ein Ende der blauen Laborschnur mit Krokodilklemme aus der Hand von L.]* (Bsp. 40, 1S3, 3. Stunde, 3. Szene). Außerdem wurden in dieser Kategorie affektive Reaktionen der Lernenden auf Versuchsbeobachtungen oder auf einzelne Handlungsschritte registriert: *[1S5 lacht. Sagt den eigenen Namen. Legt den Kopf in den Nacken. Nimmt ihn wieder nach vorne. Lacht.]* „Wow. Cool.“ (Bsp. 41, 1S5, 5. Stunde, 11. Szene).

Situationen, in denen die Lehrkräfte voraussichtlich eigenmächtig Hilfe initiiert haben, wurden in der Hauptkategorie *Lehrkraft initiiert Hilfe* codiert. Ein Beispiel hierfür ist folgender Transkriptauszug: L: „Hast du das Ding?“ *[Tippt auf das Foto unten links. Das Foto mit dem Motor vergrößert sich bildschirmfüllend.]* – 1S1: „Nein, hol‘ ich auch.“ (Bsp. 42, 1S5, 1. Stunde, 3. Szene).

## 11.7 Entwicklung der Codevergabe

Um beurteilen zu können, ob und welche Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung funktionieren, muss die Anzahl der vergebenen Codes in den einzelnen Stunden genauer betrachtet werden.

Tab. 18: Überblick über die vergebenen Codes in den Hauptkategorien im ersten Mesozyklus

| Hauptkategorie            | Stunde 1 | Stunde 2 | Stunde 3 | Stunde 4 | Stunde 5 | Insg. |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| Funktional                | 31,40%   | 18,60%   | 32,56%   | 6,98%    | 10,47%   | 100%  |
| Kompetenzen               | 14,07%   | 16,21%   | 25,08%   | 11,62%   | 33,03%   | 100%  |
| Barrieren                 | 19,18%   | 23,29%   | 36,99%   | 6,39%    | 14,16%   | 100%  |
| Umgang mit Barrieren      |          | 8%       | 8%       | 16%      | 68%      | 100%  |
| Sonstiges                 |          | 14,29%   | 19,05%   | 28,27%   | 38,10%   | 100%  |
| Lehrkraft initiiert Hilfe | 27,27%   |          | 18,18%   |          | 54,55%   | 100%  |

In der Hauptkategorie *Funktional* sind in der zweiten Stunde weniger Codes zu verzeichnen als in der ersten (s. Tab. 18). Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Lernenden die Materialien bereits einmal geholt und den Versuch aufgebaut haben. Dadurch haben sie ihre nächsten Arbeitsschritte nicht multimedial (auditiv und visuell) erschlossen, sondern nur über einen der Zugänge. In der dritten Stunde sind wieder mehr Ereignisse codiert worden. Die Lernenden sollten in dieser Stunde Elektroden variieren. Dies ist herausfordernder als der Austausch des Elektrolyts, da einige Platten, wie Aluminium und Zink, optisch schwerer zu differenzieren sind als Cola und Essig. Hinzu kommt, dass die Lernenden mithilfe des eBook herausfinden mussten, welche Platte getauscht wird und welche im Versuchsaufbau verbleibt. Auffällig ist, dass ab der vierten Stunde sehr wenige Codes in der Hauptkategorie *Funktional* vergeben wurden. Dies lässt sich damit begründen, dass das eBook zwischen dem dritten und vierten Mikrozyklus umgestaltet wurde. Die Übersicht über das in jeder Stunde benötigte Material wurde weggelassen. Stattdessen sollten die Lernenden eigenständig überlegen, welche Materialien sie benötigen und diese anschließend holen. Auch der Versuchsaufbau ist ab der vierten Stunde nicht mehr Schritt für Schritt im eBook hinterlegt. Dadurch wurden die Lernenden angeregt, nachzudenken und das eBook weniger zu nutzen, sodass in dieser Stunde per se weniger Codes vergeben wurden. Hingegen sind in der fünften Stunde wieder etwas mehr Codes in dieser Kategorie zu verzeichnen. Der Versuchsaufbau in dieser Stunde war für die Lernenden neu, weil die LED nur geleuchtet hat, wenn mehrere Batterien in Reihe geschaltet wurden. Sie konnten die Batterien nicht auswendig in Reihe schalten, sondern haben das eBook zur Unterstützung herangezogen. Daher ergaben sich erneut Situationen, in denen beobachtet werden konnte, ob die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung funktionierten.

In der Hauptkategorie *Kompetenzen* ist eine Steigerung innerhalb der Reihe zu registrieren. Lediglich in der vierten Stunde wurden im Vergleich zu der vorherigen weniger Codes vergeben. Bei genauerer Betrachtung der Daten fällt auf, dass die Lernenden über die eBook Veränderung zunächst irritiert waren. Erst nach Aufforderung und teilweiser Unterstützung haben sie die benötigten Versuchsmaterialien geholt und den Versuch aus dem Gedächtnis heraus aufgebaut. Da sie hierbei auf die Lehrkraft angewiesen waren, wurden weniger Kompetenzen beobachtet und codiert. In der fünften Stunde stellte das umgestaltete eBook keine Irritation mehr dar. Die Lernenden konnten problemlos selbstständig agieren, sodass viele Kompetenzen codiert wurden. Die hohe Anzahl an Kompetenzen lässt sich auch darauf zurückführen, dass der Versuchsaufbau in dieser letzten Stunde anders war als in denen zuvor. Weil Batterien in Reihe geschaltet werden mussten, konnten die Lernenden den Versuch nicht auswendig aufbauen,

sondern waren angehalten nachzudenken. Dadurch konnten Kompetenzen abgerufen und durch Handlungen oder Aussagen gezeigt werden, was ebenfalls die höhere Anzahl an Codes begründet.

Bei der Betrachtung der Codes in der Hauptkategorie *Barrieren* ist auffällig, dass in der dritten Stunde im Vergleich zu den vorherigen mehr Codes registriert wurden. Die meisten Codes wurden in dieser Stunde in der Unterkategorie *Verortung in der Umwelt* vergeben. Fast die Hälfte entfällt auf das Material. In dieser Stunde wurden Platten verwendet, deren eindeutige Identifikation für die Lernenden herausfordernd sein kann. Außerdem lassen sich einige Codes auf die Umsetzung der Gestaltungsprinzipien im eBook, wie die Galeriefunktion, und auf die Gestaltung der Arbeitsblätter zurückführen. Die Galeriefunktion wurde nur in dieser Stunde verwendet, was u.a. erklären könnte, dass in der dritten Stunde mehr Barrieren codiert wurden als in den ersten beiden. Bemerkenswert ist, dass in der vierten Stunde, als die Lernenden den Versuch aus der Erinnerung heraus aufbauen und den Stromumwandler variieren sollten, am wenigsten Barrieren registriert wurden. In der fünften Stunde wurden wieder mehr Barrieren codiert, was sich u.a. auf die Veränderung im Versuchsaufbau (in Reihe geschaltete Batterien) zurückführen lässt.

In der Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren* sind die vergleichsweise vielen Codes in der letzten Stunde auffällig. Auch diese lassen sich mit der Veränderung im Versuchsaufbau begründen. Als die LED mit einer Batterie nicht leuchtet, probieren die Lernenden Versuchsvarianten aus vorherigen Stunden aus, haben geraten oder nichts getan.

Die Lehrkräfte mussten in der ersten, dritten und letzten Stunde von sich aus Hilfe initiieren, damit die Lernenden den Versuch aufbauen und durchführen konnten.

## 11.8 Interpretation der Ergebnisse

Das folgende Kapitel greift die Ergebnisse der Mesozyklen auf und ordnet sie wissenschaftlich ein.

Alle Lernenden konnten in den Mesozyklen mithilfe der (weiter-)entwickelten Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung im eBook weitestgehend selbstständig den jeweiligen Versuch aufbauen, durchführen, sogar Variablen verändern, die Versuchsergebnisse wahrnehmen und dokumentieren. Damit haben alle Lernenden erfolgreich physikalisch Experimente durchgeführt, was nach dem Modell Schreiber et al. (2009, S. 93) ein Bestandteil von experimenteller

Kompetenz ist (s. Abb. 37). Die experimentelle Kompetenz kann in Stufen untergliedert werden (Schecker et al., 2016, S. 204 ff.). Im ersten Mesozyklus konnte beobachtet werden, dass die Lernenden z.B. „[u]nter Anleitung Experimente unter der Berücksichtigung von Hypothesen und Variablenkontrolle aufbauen und durchführen“ (Schecker et al., 2016, S. 204) konnten. Damit zeigen die Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung bei der ersten Unterrichtsreihe, in der sie physikalisch experimentieren, Kompetenzen, die der dritten von fünf möglichen Kompetenzstufen zugeordnet werden.

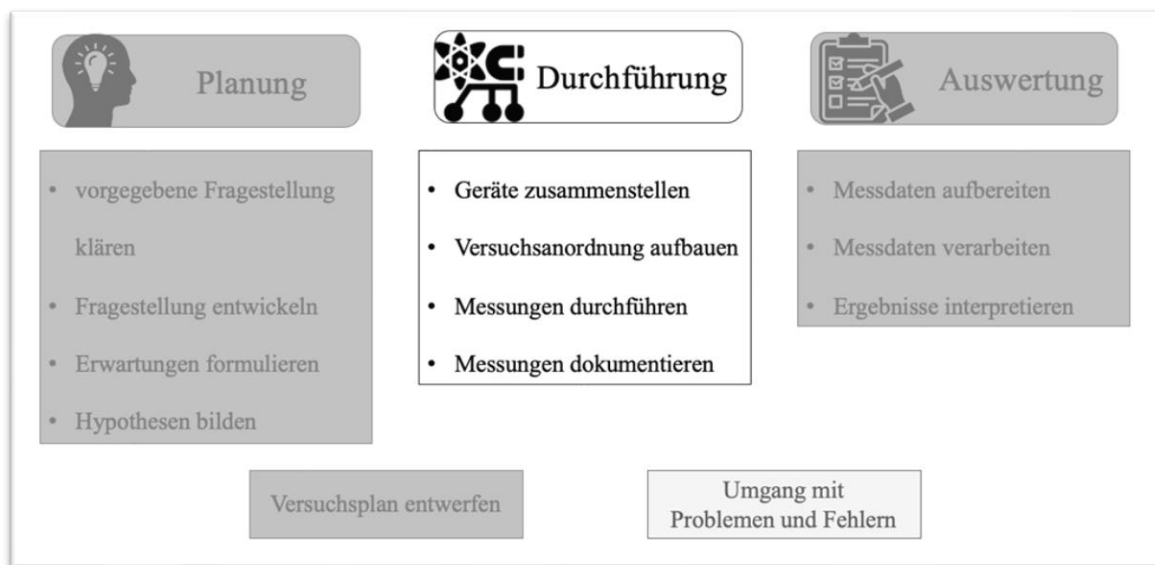


Abb. 37: Modell experimenteller Kompetenz in Anlehnung an Schreiber et al., 2009, S. 93 – eigene Darstellung

Dies wiederum führt nach Deci und Ryan (2000, S. 234) dazu, dass die Lernenden stärker Autonomie und größere Selbstwirksamkeit erleben. Beides konnte in den Mesozyklen sowohl explizit als auch implizit beobachtet werden. So haben Lernende die Lehrkräfte und andere Lernende ausdrücklich darauf hingewiesen, wenn sie erfolgreich agierten, z.B. der Strom sichtbar umgewandelt wurde.

Die Lernenden orientierten sich neben den schriftlichen bzw. auditiven Anweisungen sehr stark an den Fotos und Videos, insbesondere wenn die sprachlichen Anweisungen keine genauen Informationen lieferten, z.B. wie genau die Krokodilklemmen auf die Bananenstecker der Laborschnüre gesteckt werden müssen. Dies liegt daran, dass dadurch nicht nur ein Informationskanal adressiert wird, sondern mehrere gleichzeitig. Dadurch werden mehrere Gehirnregionen aktiviert, was es den Lernenden erleichtert, den nächsten Handlungsschritt zu erfassen, sich zu merken und umzusetzen (s. 8.5).

Die multiplen Optionen der Repräsentation des nächsten Handlungsschritts und die Wahlmöglichkeit, auf welchem Weg sich die Lernenden Zugang zu den Informationen verschaffen wollen, hat sich im Sinne des UDL bewährt. Die Textunterstützungen bzw. -alternativen in Form von Fotos, Videos und Audiodateien sind am effektivsten, wenn es eine möglichst hohe bzw. deckungsgleiche Korrespondenz zum realen Gegenstand bzw. der Handlung gibt. Wenn dies gegeben ist, können die Lernenden sogar nicht vertraute Gegenstände identifizieren bzw. sich unbekannte Wörter oder Begriffe erschließen. Herausforderungen oder sogar Barrieren entstehen, wenn die Realiterübereinstimmung nicht gegeben ist. Die Realiterübereinstimmung bewirkt, dass das Arbeitsgedächtnis für Germane Load freigehalten wird und die Lernenden neue Informationen mit vorhandenen verknüpfen und dadurch nachhaltiger lernen (s. 4.2.5).

Eine weitere Reduktion des Cognitive Loads hat die Verwendung von Gegenständen aus dem Alltag der Lernenden dargestellt. Dies lässt sich insbesondere im Vergleich der Stunde, in der die Lernenden die Elektroden variieren sollten, mit der Stunde feststellen, in der das Elektrolyt getauscht werden sollte. Daher sollte für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren soweit wie möglich auf einen Lebensweltbezug geachtet werden, nicht nur thematisch, sondern auch in Bezug auf die verwendeten Materialien.

Die interaktiven Folien sind von der linearen Struktur abgewichen und haben dazu geführt, dass die Lernenden die Orientierung im eBook verloren haben, also „Lost in Hyperspace“ (Nerdel, 2017, S. 201) waren. Für einige Lernende war es entscheidend, ob mehrere Handlungsschritte untereinander auf einer eBook-Seite zu sehen waren oder sequenzierter, d.h. nur ein Handlungsschritt pro eBook-Seite. Mehrere Handlungsschritte untereinander führten bei den Lernenden zu Orientierungsproblemen, die sich darin äußerten, dass sie nicht mehr wussten, bei welchem Arbeitsschritt sie waren. Sie blätterten im eBook oder übersprangen Handlungsschritte.

Beim physikalischen Experimentieren mussten alle Lernenden selbstständig konkrete Handlungen ausführen, weil Einzelarbeit als Sozialform gewählt wurde. Dabei hat sich bestätigt, dass Lernen durch Handeln sehr effektiv ist. Alle Lernenden konnten ihre jeweiligen (kognitiven) Entwicklungs- und Handlungsniveaus erweitern (s. 12.7). Das Einüben und Festigen der Handlungsschritte beim Experimentieren und somit der Kompetenzerwerb wurden auch durch den ritualisierten Versuchsaufbau zu Beginn jeder Unterrichtsstunde erreicht, da die Lernenden diesen immer wiederholten (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 52). Gleichzeitig entstand so eine Transparenz für die Lernenden. Diese war neben einem strukturierten Ablauf sowie einer kognitiven Aktivierung entscheidend für den Lernerfolg (Helmke, 2012, S. 205 ff.; Hattie, 2009,

S, 237 f.). Die Transparenz wurde u.a. dadurch geschaffen, dass die jeweilige Forschungsfrage und die damit verbundenen Unterrichtsziele mit den Lernenden vor der Experimentierphase besprochen und an der Tafel visualisiert wurden.

Kritisch anzumerken ist, dass die Dokumentation der Versuchsergebnisse für einige Lernende herausfordernd war bzw. eine Barriere darstellte. So wurden beispielweise die Begriffe *schnell* und *langsam* durch die opaken Piktogramme *Hase* und *Schnecke* visualisiert. Dies setzt voraus, dass die Lernenden beide Tiere miteinander vergleichen und wissen, welches sich zügiger fortbewegen kann. Für den Motor und die verschiedenen Elektrolyte wurden transparente Piktogramme gewählt, die sehr detailreich und somit ggf. nicht klar und einfach zu decodieren waren.

In der letzten Stunde, in der Batterien in Reihe geschaltet werden sollten, hat sich bestätigt, dass es Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung schwerfällt, geeignete Lösungsstrategien für (komplexe) Probleme zu entwickeln (Sarimski, 2005, S. 176).

Durch die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung haben die eBooks Funktionen (mit-) übernommen, die vorher einer Lehrkraft vorbehalten waren. Dazu zählen z.B.:

- die Arbeitsanweisung (beliebig oft) zu wiederholen,
- die Information anders darzubieten oder
- eine Arbeitsanweisung zu dem Zeitpunkt zu geben, wenn die lernende Person sie benötigt.

An die damit verbundenen veränderten Rollen müssen sich Lehrkräfte erst gewöhnen, sie müssen sich in die Rolle eines Mediators einfinden und lernen, nicht von sich aus in den Lernprozess einzugreifen und Hilfe zu initiieren. Bei den Lernenden muss sich etablieren, dass das eBook bestimmte Funktionen übernehmen kann und sie dadurch selbstständiger am Unterricht teilhaben können.

## 11.9 Konsequenzen für den zweiten Mesozyklus

Da es keine Vergleichsuntersuchung gibt, ist es nicht möglich, die Wirksamkeit und Funktionalität aller Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung evidenzbasiert zu beurteilen. Dennoch scheint es aufgrund zahlreicher Indizien in den Videoaufzeichnungen legitim, Rückschlüsse zu ziehen, aus denen Konsequenzen abgeleitet werden können. Diese sind aufgrund des Untersuchungsdesigns (starker Praxisbezug, Anwendung mit einer kleinen Gruppe, Anwendung in bisher nur einem Mesozyklus) bislang nicht als generalisierbare



Erkenntnisse zu interpretieren, liefern aber dennoch wichtige Anhaltspunkte für den zweiten Mesozyklus.



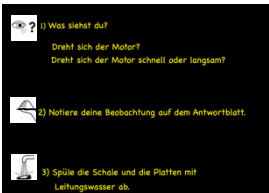




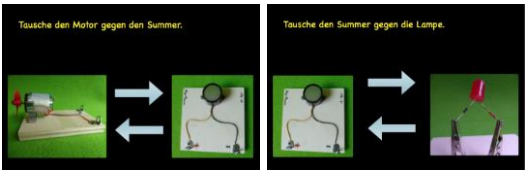
















Konstatiert werden kann Folgendes: Mithilfe der eBooks konnten alle Lernenden, trotz verschiedener Herausforderungen, in jeder Stunde den Versuch aufbauen und mindestens einmal durchführen. Einige Lernende konnten darüber hinaus die angedachte Anzahl der Variablenveränderungen erledigen. Durch die weitestgehend eigenständige und erfolgreiche Versuchsdurchführung konnten alle Lernenden im Unterricht teilhaben und am Ende jeder Stunde ein Versuchsergebnis im Plenum präsentieren. Diese Partizipation war durch den Einsatz des eBook möglich.



















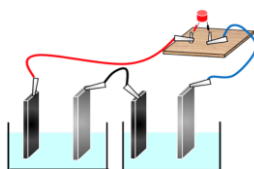
In Tab. 19, einem sogenannten „Backlog“ (Schulz, o.J., o.S.), ist zusammenfassend dargestellt, welche Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung im eBook maßgeblich zu Teilhabemöglichkeiten beigetragen haben. Diese sind in der ersten Spalte grün markiert und mit einem Plusymbol (+) versehen. Darüber hinaus gibt es Gestaltungsprinzipien (blau), zu denen die durchgeführte Untersuchung keine Erkenntnisse liefert. Außerdem gibt es rot markierte bzw. mit Minus (-) gekennzeichnete Aspekte, die sich als Herausforderung erwiesen haben. Diese werden für den zweiten Mesozyklus umgestaltet, um die Barrieren zu minimieren bzw. zu eliminieren. Die Veränderungen des eBook sind ebenfalls exemplarisch in der Tab. 19 dargestellt.

Tab. 19: Backlog nach dem ersten Mesozyklus

| Zusammenfassung der Erkenntnisse |   | Veränderungen für den 2. Mesozyklus   |
|----------------------------------|---|---|
| <b>What works?</b>               |   |   |
| +                                | multiple Zugänge (Text, Audiodateien, Fotos, Videos und Piktogramme)                    | keine   |
| +                                | alle Zugänge simultan anbieten  | keine   |
| +                                | Vermeidung unnötiger bzw. unbekannter Fachbegriffe                                      | keine   |
| +                                | Signalisierung (Kennzeichnung wesentlicher Informationen)                               | keine   |
| +                                | Weglassen der Kochbuchanleitung (benötigtes Material & Versuchsaufbau) ab der 4. Stunde | interaktive Hilfestellung (Folien mit den benötigten Versuchsmaterialien und den einzelnen Versuchsaufbausritten) |

|                            |   |   |
|----------------------------|---|---|
|                            |   |   |
| 0                          | Schriftart und -größe, Satzbau etc .                                      | keine   |
| <b>What does not work?</b> |   |   |
| -                          | <p>unzureichende Korrespondenz zwischen Foto und Realobjekt</p>           | <p>Material und Fotos bzw. Videos in Bezug auf ihre Realiterübereinstimmung überprüfen und ggf. überarbeiten</p>                    |
| -                          | <p>mehrere Handlungsschritte auf einer eBook-Seite</p>                    | <p>zusätzliche eBook-Variante mit sequenzier-ten Handlungsschritten (einer pro Seite)</p>   |
| -                          | <p>interaktive Folien zur Ergebnis-überprüfung bzw. Lernzielkontrolle</p> | <p>weglassen (ausschließlich Arbeitsblätter)</p>  |
| -                          | <p>Zwischenfolien</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>weglassen</li> <li>Folie mit Arbeitsanweisung ‚Arbeitsplatz aufzuräumen‘ ergänzen</li> </ul> |

|   |   |   |   |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
|---|---|---|---|----------------|---|---|-----------------------|---|--|------|---|--|
| -   | <p>Auswahl des aktuellen eBook in der App <i>Bücher</i></p>    | →   | <p>ausschließlich das jeweils aktuelle eBook in der App <i>Bücher</i> hinterlegen</p>  |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
| -   | Drehen der Bildschirmanzeige  | →   | Drehen der Bildschirmanzeige deaktivieren   |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
| -   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolyt tauschen</li> <li>• Elektroden und Schale abspülen</li> </ul>    | →   | <p>Diese Arbeitsanweisung deutlicher visualisieren (auf einer separaten Folie).</p>    |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
| -   | <p>Galeriefunktion in der 3. Stunde</p>    | →   | <p>Tauschen der Elektroden optisch anders visualisieren</p>                          |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
| -   | <p>Lernende haben das Nichtleuchten der LED auf Fehler in ihrem Versuchsaufbau zurückgeführt.</p>    | →   | <p>Versuch zunächst mit dem Motor und dem Piepser aufbauen</p>                        |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
| -   | <p>richtige Zeile in der Tabelle des Arbeitsblattes finden</p> <table border="1" data-bbox="416 1704 611 1917"> <tr> <td></td> <td></td> <td>Wasser + Essig</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Wasser + Zitronensaft</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Cola</td> </tr> </table> |  |    | Wasser + Essig |  |  | Wasser + Zitronensaft |  |  | Cola | → | <p>Skizze der Versuchsbedingung statt Tabelle</p>  |
|  |    | Wasser + Essig  |   |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
|  |    | Wasser + Zitronensaft   |   |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
|  |   | Cola  |   |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |
| -   | <p>Eindeutige Identifikation der Piktogramme auf dem Arbeitsblatt</p>   | →   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antwortoptionen reduzieren</li> <li>• Verwendung anderer Piktogramme</li> </ul>  |                |   |   |                       |   |  |      |   |  |

|  |   |   |  |                          |   |   |   |  |   |  |   |   |                                     |                          |                       |  |  |         |        |  |  |  |  |  |
|--|---|---|--|--------------------------|---|---|---|--|---|--|---|---|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|--|--|---------|--------|--|--|--|--|--|
|  | <p>Reaktion des Motors - dreht sich....</p> <table border="1"> <tr> <td>nicht</td> <td>langsam</td> <td>schnell</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | nicht   | langsam  | schnell                  |  |  |  |  | <p>Was kannst du sehen?</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Der Motor dreht sich!</td> <td>richtig</td> <td>falsch</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> |  |  |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Motor dreht sich! |  |  | richtig | falsch |  |  |  |  |  |
| nicht  | langsam   | schnell   |  |                          |   |   |   |  |   |  |   |   |                                     |                          |                       |  |  |         |        |  |  |  |  |  |
|   |    |    |  |                          |   |   |   |  |   |  |   |   |                                     |                          |                       |  |  |         |        |  |  |  |  |  |
|  |    |  | <input checked="" type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> |   |   |   |  |   |  |   |   |                                     |                          |                       |  |  |         |        |  |  |  |  |  |
| Der Motor dreht sich!  |   |   | richtig  | falsch                   |   |   |   |  |   |  |   |   |                                     |                          |                       |  |  |         |        |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |                          |   |   |   |  |   |  |   |   |                                     |                          |                       |  |  |         |        |  |  |  |  |  |
| -  | Batterien in Reihe zu schalten  | ➔   | <p>Fotos und/oder Schaltskizzen im eBook bzw. auf den Arbeitsblättern ergänzen</p>  |                          |   |   |   |  |   |  |   |   |                                     |                          |                       |  |  |         |        |  |  |  |  |  |

Neben den Erkenntnissen, die in Tab. 19 aufgelistet sind, lässt sich bei den Lernenden im Laufe der Unterrichtsreihe ein Lernzuwachs im Hinblick auf die Bedienung des eBook feststellen. So sind die diesbezüglich registrierten Barrieren im ersten Mesozyklus fast ausschließlich in den ersten drei Unterrichtsstunden codiert worden. Um diese Barrieren im zweiten Mesozyklus zu reduzieren, wurden vier weitere eBooks zu anderen Themen konzipiert. Mit diesen konnten die Lernenden in zwei Doppelstunden vor Beginn der Erhebung arbeiten. Ob dies die in der Bedienung des eBook zu verordnenden Barrieren minimiert, werden die Daten des zweiten Mesozyklus zeigen.

Auch wenn die meisten Barrieren im Material registriert wurden, soll möglichst wenig verändert werden, weil der Fokus der Untersuchung auf den Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung liegt. Wenn die Versuchsmaterialien beibehalten werden, ist eine bessere Vergleichbarkeit der beiden Mesozyklen gegeben. Da das Berühren der Elektroden häufig als Barriere codiert wurde, wird hier ausnahmsweise eine Materialveränderung bzw. -ergänzung vorgenommen. Die Berührungen der Elektroden lassen sich u.a. auf Bewegungen der angeklemmten Laborschnüre zurückführen und nicht auf einen fehlerhaften Versuchsaufbau durch die Lernenden. Deshalb sollen im zweiten Mesozyklus Trennwände verwendet werden. Damit die Lernenden die Notwendigkeit nachvollziehen können, sollen diese nicht von Beginn an genutzt werden, sondern – durch gezielte Variablenveränderungen – erst, nachdem die Lernenden beobachten konnten, was passiert, wenn sich die Elektroden berühren.

## 12 Zweiter Mesozyklus

Im Folgenden werden – analog zum ersten Mesozyklus – zunächst die Lerngruppe und die Durchführung der Intervention samt Besonderheiten vorgestellt.

Im Anschluss werden die Erkenntnisse zunächst quantitativ beschrieben, dann qualitativ in Bezug auf das Potenzial, aber auch hinsichtlich möglicher Herausforderungen, Stolpersteinen und Barrieren dargestellt und diskutiert.

Am Schluss dieses Kapitels werden die Erkenntnisse wissenschaftlich eingeordnet. Die in Bezug auf die Umsetzung bzw. den Anpassungsbedarf der Gestaltungsprinzipien abgeleiteten Schlussfolgerungen werden im Hinblick auf einen weiteren Mesozyklus dargestellt.

### 12.1 Beschreibung der Lerngruppe

Der zweite Mesozyklus wurde ebenfalls an einer Schule mit dem sonderpädagogischen Schwerpunkt Geistige Entwicklung durchgeführt, die sich aber in einem anderen Landkreis in NRW befindet. Zur Vergleichbarkeit wurde wieder eine Klasse in der Berufsbildungsstufe gewählt, in der zwölf Lernende im Alter von 16 bis 18 Jahren seit einem halben Jahr unterrichtet wurden. Acht Lernende wurden als Stichprobe ausgewählt. Zwei weitere haben die Auswahlkriterien nicht erfüllt. Für die anderen beiden lag das Einverständnis für die Teilnahme an der Intervention nicht vor.

Auch in dieser Klasse waren es alle Lernenden gewohnt, im Unterricht regelmäßig 60 Minuten oder länger konzentriert zu arbeiten. Darüber hinaus konnten sie entweder textbasierte und/oder bebilderte Arbeitsanweisungen sinnennehmend lesen, diese in Handlungen umsetzen und das Material selbstständig besorgen.

Vergleichbar mit der ersten Klasse war, dass die Lernenden bislang keinen experimentellen Naturwissenschaftsunterricht gehabt haben. Außerdem wurden Tablets oder andere digitale Endgeräte bislang im Unterricht nicht als Medien eingesetzt. Einigen Lernenden war das Tablet als Spielkonsole und einer Person als Hilfsmittel (Talker) im Rahmen der Unterstützenden Kommunikation vertraut.

Die Lernenden dieser Schule waren der forschenden Person vorab nicht bekannt. Eine intensive und individuelle Diagnostik jeder lernenden Person war aus forschungsökonomischen Gründen nicht möglich. Damit Lernende mit ähnlichen Voraussetzungen wie im ersten Mesozyklus an der Intervention teilnahmen und die Ergebnisse zu den entwickelten Gestaltungsprinzipien

sowie deren Umsetzung stichhaltig bewertet und interpretiert werden konnten, wurden die Informationen durch verschiedene Maßnahmen erfasst. Die forschende Person hat mehrmals vorab im Unterricht der Klassenleitung hospitiert bzw. mitgearbeitet. Sie hat ausgefüllte Arbeitshefte der Lernenden angeschaut und am Morgenkreis sowie an den Frühstücks- und Hofpausen teilgenommen. Außerdem wurden mehrere Gespräche mit der Klassenleitung und anderen Fachlehrkräften sowie den beiden integrationshelfenden Personen geführt, um die Beobachtungen und Schlussfolgerungen einordnen, die Lernvoraussetzungen besser einschätzen und die Besonderheiten der Lernenden in Erfahrung bringen zu können.

Einen Monat vor der Intervention hat die forschende Person in zwei Doppelstunden mit den Lernenden physikalisch experimentiert. Dafür wurden extra eBooks und Arbeitsblätter zu vier anderen Themen gestaltet. Die Lernenden konnten sich im Unterricht aussuchen, welche Versuche sie in welcher Reihenfolge durchführen wollten. Zwei Monate vorher führte die forschende Person thematisch unabhängige Vorbereitungseinheiten (zwei Doppelstunden) durch, damit die Lernenden u.a. mit den Abläufen eines physikalischen Experiments und der Handhabung eines eBook vertraut wurden. Die forschende Person konnte die Lernenden dabei beobachten, um die Planung zu modifizieren und zu entscheiden, wem in der Intervention z.B. eine segmentierte eBook-Variante angeboten wird.

Ein detaillierterer Überblick über die individuellen Kompetenz(stufen)en und Besonderheiten der Lernenden, die am zweiten Mesozyklus teilgenommen haben, befindet sich im Anhang 12.

## **12.2 Durchführung der Intervention**

Um vergleichbare Daten zu erhalten und die Veränderungen in Bezug auf die Umsetzung der Gestaltungsprinzipien bewerten zu können, wurden nur die im ersten Mesozyklus herausgearbeiteten Stolpersteine im eBook und auf den Arbeitsblättern redesignnd (s. 11.9). Das Unterrichtsthema, der Aufbau der Reihe, der Ablauf der Stunden, das Layout der eBook-Vorlage etc. sind identisch zum ersten Mesozyklus, sodass sie nicht erneut beschrieben werden.

Der zweite Mesozyklus hat von Anfang Januar bis Anfang Februar 2018 einmal wöchentlich stattgefunden. Abgesehen von der dritten Doppelstunde wurden alle anderen immer dienstags im ersten Unterrichtsblock durchgeführt. Der dritte Mikrozyklus wurde von Dienstag auf Donnerstag verschoben, da die Lernenden Praktikumsvorgespräche in Betrieben und Werkstätten hatten. Im Unterricht waren, neben den acht Lernenden der Stichprobe, die forschende Person sowie die Klassenleitung anwesend. Außerdem haben zwei Lernende mit ihren integrations-

helfenden Personen im Klassenraum die physikalischen Experimente auf einer basal-perzeptiven Ebene durchgeführt. Im Nebenraum haben zwei weitere Lernende gearbeitet, deren Einverständnis nicht vorlag. Sie wurden von der Lehrkraft ohne Kopfkamera bei Bedarf unterstützt. Dadurch war gewährleistet, dass sie dieselben physikalischen Experimente durchführen sowie mit den eBooks arbeiten konnten, dennoch nicht videografiert wurden. Während der Plenarphasen saßen die beiden Lernenden in der Verbindungstür zum Nebenraum, die sich sowohl im toten Winkel der Kameras mit festem Standort als auch im Rücken der Lehrkraft mit Kopfkamera befand. Sie konnten am Unterrichtsgespräch teilnehmen.

Im zweiten Mesozyklus war der Ablauf der einzelnen Stunden vergleichbar mit dem im ersten (s. Anhang 9). Der einzige Unterschied war, dass sich die Lernenden in der zweiten Schule zu Beginn und zum Ende der Stunden in einem Halbkreis versammelt haben, weil sie dieses Ritual von allen anderen Unterrichtsstunden gewohnt sind. Während der Erarbeitungsphase haben nicht alle an einer großen, sondern an kleineren Tischgruppen experimentiert. Für das Plenum haben die Lernenden zu Beginn der Stunde Stühle von den Tischgruppen genommen und sich in einem Halbkreis vor die Tafel und das Whiteboard gesetzt. In der Experimentierphase durften sie ihren jeweiligen Arbeitsplatz frei wählen. Zu Beginn der Experimentierphase wurde ein Kurzzeitwecker gestellt. Wenn dieser klingelte oder falls die Lernenden eher fertig waren, hat sich die Klasse im Halbkreis vor der Tafel getroffen, um die Versuchsergebnisse zu vergleichen und zu interpretieren.

Der gleichbleibende Stundenablauf konnte gewährleistet werden, da nur die Gestaltungsprinzipien zwischen beiden Mesozyklen bzw. deren Umsetzung im eBook und auf den Arbeitsblättern weiterentwickelt wurden. Dies hatte aber keinerlei Einfluss auf den Stundenverlauf. Dadurch ist eine bessere Vergleichbarkeit der beiden Mesozyklen möglich.

Da es drei mögliche Tischgruppen gab, waren insgesamt drei Tablets für die Videoaufzeichnung nötig (s. Abb. 38). Nachdem sich die Lernenden einen Platz gesucht hatten, wurde erneut der Kamerawinkel überprüft, damit die Kameras jeweils den gesamten Tisch und die daran experimentierenden Lernenden erfassen. Zusätzlich hat auch im zweiten Mesozyklus eine Lehrkraft eine Kopfkamera mit integriertem Mikrofon als zusätzliche Datenquelle getragen.

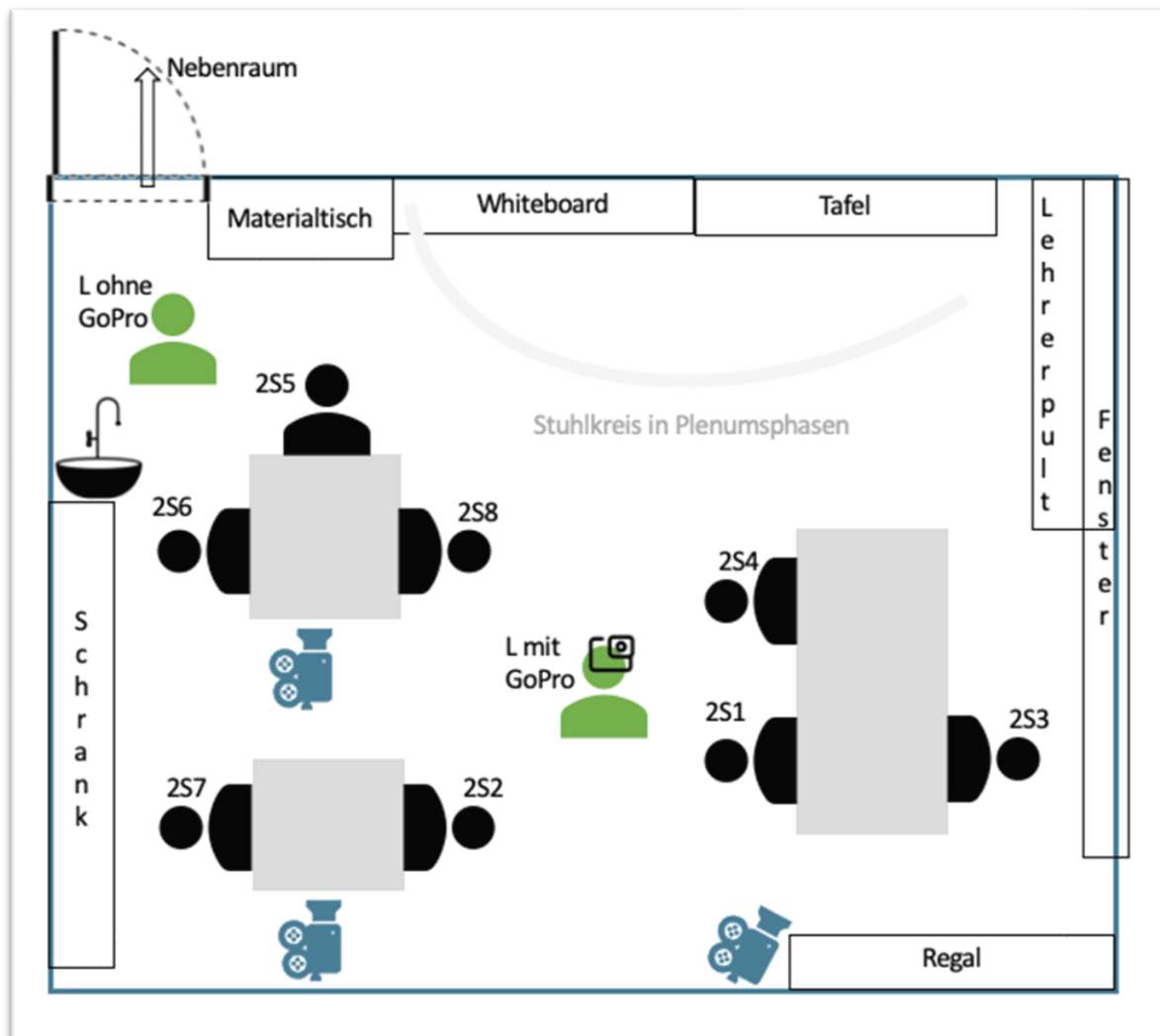


Abb. 38: Raumskizze mit Kammeranordnung und Sitzplan der ersten Stunde in der zweiten Klasse – eigene Darstellung

### 12.3 Besonderheiten bei der Durchführung

Im zweiten Mikrozyklus hat 2S7 gefehlt. Außerdem haben 2S5, 2S6 und 2S8 die Plätze getauscht, da 2S6 und 2S8 im ersten Mikrozyklus viel Unterstützung benötigten und durch den Tausch eine Lehrkraft zwischen beiden sitzen konnte.

Im dritten Mikrozyklus war eine lernende Person erkrankt, die mithilfe einer integrationshelfenden Person die Versuche durchführt hat, aber nicht Teil der Stichprobe ist, da sie die Auswahlkriterien nicht erfüllt. Die integrationshelfende Person, die niemanden eins-zu-eins unterstützen musste, hat sich ungefähr in der Hälfte der Unterrichtsstunde neben 2S1 gesetzt. Außerdem hat 2S4 von sich aus an einen anderen Gruppentisch gewechselt. An diesem saßen die beiden Lernenden (2S2 und 2S7), die sehr selbstständig gearbeitet haben und immer am



schnellsten mit den Versuchen fertig waren. 2S4 hat auch während der beiden weiteren Mikrozyklen an diesem Gruppentisch gegessen.

Ab dem vierten Mikrozyklus hat S23 gefehlt. Im fünften hat zusätzlich 2S1 gefehlt. Eine lernende Person, die nicht Teil der Stichprobe war, wollte unbedingt in dieser Stunde am Gruppentisch von 2S2, 2S4 und 2S7 sitzen. Daher haben sie und eine integrationshelfende Person im fünften Mikrozyklus dort gearbeitet.

Im letzten Mikrozyklus konnte der *Geführte Zugriff* beim iPad™ von 2S8 nicht aktiviert werden.

## 12.4 Quantitative Ergebnisdarstellung des zweiten Mesozyklus

Die Videoaufzeichnungen wurden, genau wie im ersten Mesozyklus und in 10.4 beschrieben, aufbereitet, transkribiert, codiert, ausgewertet und interpretiert.

Bei der jetzt folgenden quantitativen Ergebnisdarstellung werden die Häufigkeiten der einzelnen Codierungen beschrieben. Neben der Darstellung, wie oft eine Kategorie insgesamt identifiziert wurde, wird aufgezeigt, in welchen Stunden der Unterrichtsreihe die einzelnen Kategorien wie häufig aufgetreten sind. Um die quantitativen Ergebnisse mit denen des ersten Mesozyklus vergleichen zu können, wurden die Codeanzahlen in Prozentangaben umgerechnet.

Wie aus der Tab. 20 hervorgeht, entfallen im zweiten Mesozyklus von den insgesamt vergebenen Codes

- 11,33%, auf die Hauptkategorie *Funktional*
- 58,65% auf die Hauptkategorie *Kompetenzen*
- 20,39% auf die Hauptkategorie *Barrieren*
- 1,51% auf die Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren*
- 3,40% auf die Hauptkategorie *Sonstiges* und
- 4,72% auf die Kategorie *Lehrkraft initiiert Hilfe*.

Da die Hauptkategorie *Funktional* die Funktionalität der Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung direkt verdeutlicht und die Hauptkategorie *Kompetenzen* implizit, stehen 70,17% den 20,39% der Hauptkategorie *Barrieren* gegenüber. Damit gibt es ca. dreieinhalb mal so viele Belege für die Wirksamkeit der Gestaltungsprinzipien bzw. deren gelungene Umsetzung.

Tab. 20: Übersicht über die Codes in den Hauptkategorien im zweiten Mesozyklus

|   | Ebene | Kategorie                 | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>6</sup> |
|---|-------|---------------------------|------------------|------------------------|
| D | HK    | Funktional                | 180              | 11,33%                 |
| D | HK    | Kompetenzen               | 932              | 58,65%                 |
| D | HK    | Barrieren                 | 324              | 20,39%                 |
| D | HK    | Umgang mit Barrieren      | 24               | 1,51%                  |
| I | HK    | Lehrkraft initiiert Hilfe | 75               | 4,72%                  |
| D | HK    | Sonstiges                 | 54               | 3,40%                  |
|   |       | <b>Gesamt</b>             | <b>1589</b>      | <b>100%</b>            |

In der Hauptkategorie *Funktional* entfallen die meisten Codes (87,78%) auf die Unterkategorie *Zugänge* (s. Tab. 21). Diese wiederum ist in Teilkategorien gegliedert:

- *Audiodatei* (51,27%)
- *Fotoanleitung mit Realiter* (18,99%)
- *Piktogramme* (4,43%)
- *Text* (5,70%)
- *Video* (3,16%) und
- *Multimedia* (16,46%).

Die übrigen Codes in der Hauptkategorie *Funktional* wurden in der Unterkategorie *Farben* (2,78%), *Sprache* (1,67%) sowie *Arbeitsblätter* (7,78%) registriert.

Tab. 21: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie *Funktional* im zweiten Mesozyklus

|   | Ebene | Kategorie                  | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>7</sup> |
|---|-------|----------------------------|------------------|------------------------|
| D | HK    | <b>Funktional</b>          | <b>180</b>       | <b>100%</b>            |
| D | UK    | Zugänge                    | 158              | 87,78%                 |
| D | TK    | Audiodatei                 | 81               | 51,27%                 |
| D | TK    | Fotoanleitung mit Realiter | 30               | 18,99%                 |
| D | TK    | Piktogramme                | 7                | 4,43%                  |
| D | TK    | Text                       | 9                | 5,70%                  |
| D | TK    | Video                      | 5                | 3,16%                  |
| D | TK    | Multimedia                 | 26               | 16,46%                 |
| D | UK    | Farben                     | 5                | 2,78%                  |
| D | UK    | Sprache                    | 3                | 1,67%                  |
| I | UK    | Arbeitsblätter             | 14               | 7,78%                  |

<sup>6</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

<sup>7</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

In der Hauptkategorie *Kompetenzen* sind Codes wie folgt in den Unterkategorien registriert worden:

- 26,61% der Codes in der Unterkategorie *Versuchsergebnis*
- 3,22% in der Unterkategorie *Mitschüler\*innen helfen*
- 12,77% in der Unterkategorie *Hilfe anfordern*
- 0,11% in der Unterkategorie *Transfer*
- 11,48% in der Unterkategorie *Tablet-Bedienung*
- 1,18% in der Unterkategorie *Hypothesenbildung*
- 6,01% in der Unterkategorie *eBook als Hilfsmittel* und
- 38,63% in der Unterkategorie *(Handlungs-)Wissen*.

Die Unterkategorien *Versuchsergebnis*, *Hilfe anfordern*, *Tablet-Bedienung*, *eBook als Hilfsmittel* und *(Handlungs-)Wissen* sind weiter in Teilkategorien spezifiziert worden. Bei der Kategorie *Versuchsergebnis* lässt sich feststellen, dass die Lernenden dieses sowohl verbal als auch nonverbal durch Gestiken oder Mimik äußern (56,85%) sowie auf ihrem Arbeitsblatt notieren (40,73%). Hilfe holen sie sich proaktiv, indem sie sich hauptsächlich an die Lehrkraft wenden (74,79%) oder sich an ihren *Mitschüler\*innen orientieren* (21,01%). Außerdem haben sie auf das *eBook als Hilfsmittel* zurückgegriffen, insbesondere für den korrekten *Versuchsaufbau* (57,14%), die richtige *Versuchsdurchführung* (12,50%) sowie im Rahmen von *Kommunikationsprozessen* (30,36%). Bei der *Tablet-Bedienung* hat sich herausgestellt: es irritiert nicht, dass der Bildschirm nach einer bestimmten Zeit ausgeht, in der er nicht berührt wurde. Stattdessen konnten die Lernenden das eBook souverän wieder aufrufen (81,31%). Darüber hinaus konnten sie den *Vollbildmodus* zuverlässig öffnen und schließen (9,35%) und von der Inhaltsübersicht zur ersten eBook Seite gelangen (5,61%).

Die meisten Kompetenzen wurden in der Unterkategorie *(Handlungs-)Wissen* (38,63%) verzeichnet. Davon wurden 42,50% vergeben, wenn die Lernenden ohne das eBook oder menschliche Unterstützung die Materialien holen und den Versuch aufbauen konnten. In der Teilkategorie *Platten berühren* wurden 10,83% der Codes registriert und 20,00%, wenn die Lernenden in der Interaktion mit einer Lehrkraft äußern konnten, was sie machen mussten (s. Tab. 22).

Tab. 22: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Kompetenzen im zweiten Mesozyklus

|          | Ebene     | Kategorie                             | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>8</sup> |
|----------|-----------|---------------------------------------|------------------|------------------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Kompetenzen</b>                    | <b>932</b>       | <b>100%</b>            |
| D        | UK        | Versuchsergebnis                      | 248              | 26,61%                 |
| D        | TK        | Verbal                                | 141              | 56,85%                 |
| I        | TK        | Arbeitsblatt                          | 101              | 40,73%                 |
| I        | UK        | Mitschüler*innen helfen               | 30               | 3,22%                  |
| D        | UK        | Hilfe anfordern                       | 119              | 12,77%                 |
| D        | TK        | Lehrkraft                             | 89               | 74,79%                 |
| I        | TK        | Mitschüler*innen                      | 5                | 4,20%                  |
| I        | TK        | an Mitschüler*innen orientieren       | 25               | 21,01%                 |
| D        | UK        | Transfer                              | 1                | 0,11%                  |
| D        | UK        | Tablet-Bedienung                      | 107              | 11,48%                 |
| I        | TK        | Inhaltsübersicht                      | 6                | 5,61%                  |
| I        | TK        | Bildschirmschoner                     | 87               | 81,31%                 |
| D        | TK        | Vollbildmodus                         | 10               | 9,35%                  |
| D        | UK        | Hypothesenbildung                     | 11               | 1,18%                  |
| D        | UK        | eBook als Hilfsmittel                 | 56               | 6,01%                  |
| D        | TK        | Versuchsaufbau                        | 32               | 57,14%                 |
| D        | TK        | Versuchsdurchführung                  | 7                | 12,50%                 |
| I        | TK        | Kommunikation                         | 17               | 30,36%                 |
| D        | UK        | (Handlungs-)Wissen                    | 360              | 38,63%                 |
| I        | TK        | Platten abspülen                      | 5                | 1,39%                  |
| I        | TK        | Platten berühren                      | 39               | 10,83%                 |
| D        | TK        | Materialhandhabung                    | 6                | 1,67%                  |
| D        | TK        | Lehrmaterialkenntnis                  | 13               | 3,61%                  |
| I        | TK        | Anschlusskontrolle                    | 22               | 6,11%                  |
| I        | TK        | Versuchsaufbau auswendig              | 153              | 42,50%                 |
| D        | TK        | Versuchsaufbau - Lehrkraftinteraktion | 72               | 20,00%                 |
| I        | TK        | Umrühren                              | 24               | 6,67%                  |
| I        | TK        | Umpolen                               | 6                | 1,67%                  |
| I        | TK        | Propeller drehen                      | 9                | 2,50%                  |

Die Hauptkategorie *Barrieren* gliedert sich in die Unterkategorien *Verortung im Selbst* (18,83%), *Verortung in Funktionssystemen* (0,00%), *Verortung in Kommunikation/Interaktion* (1,23%) und *Verortung in der Umwelt* (79,94%).

Bei den Barrieren, die im Selbst zu verorten sind, wurden 39,34% der vergebenen Codes in Teilkategorien registriert, die auf ein Zusammenspiel des verwendeten Experimentiermaterial und der physischen Besonderheiten zurückzuführen sind. Die restlichen Codes entfallen haupt-

<sup>8</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

sächlich auf die Teilkategorie *Relevanz-Bias* (22,95%) sowie auf die Teilkategorie *Versuch muss funktionieren* (22,95%).

Bei den Barrieren, die sich in der Umwelt verorten lassen, wurde noch zwischen den Teilkategorien *Gestaltungsprinzipien* (8,17%), *Material* (65,76%), *eBook* (16,34%) sowie *Arbeitsblätter* (9,73%) differenziert. Diese Teilkategorien wurden in weitere Teilchenkategorien spezifiziert (s. Tab. 23).

Bei den Barrieren, die auf die Gestaltungsprinzipien zurückzuführen sind, wurde der Fakt, dass es ab der vierten Stunde *keine Kochbuchanleitung* (mehr) gab (63,64%), am meisten codiert. Die vergebenen Codes in der Teilkategorie *Material* zeigen, dass das *Berühren der Elektroden* (13,53%) und deren *Identifikation* (13,53%) sowie insbesondere der *Versuchsaufbau* und dessen Durchführung (51,76%) herausfordernd waren. Beim Versuchsaufbau hatten die Lernenden hauptsächlich Schwierigkeiten, die Laborschnüre *richtig anzuschließen* (43,18%) und in der dritten Stunde, die Elektroden und die Schale *abzuspülen* (10,23%). Bei der Teilkategorie *e-Book* konnte registriert werden, dass das *Verlieren innerhalb des eBook* (57,14%) eine Barriere darstellte. Außerdem konnten Barrieren auf die Lautstärke der Audiodateien (16,67%), den *geführten Zugriff* (9,52%) und das Inhaltsverzeichnis des eBook (9,52%) zurückgeführt werden. Bei den Arbeitsblättern sind insbesondere Schwierigkeiten verzeichnet worden, die *richtige Zeile zu finden* (64,00%) sowie die *Versuchsbeobachtung auf einem Arbeitsblatt zu notieren* (28,00%).

Tab. 23: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie Barrieren im zweiten Mesozyklus

|          | Ebene     | Kategorie                              | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>9</sup> |
|----------|-----------|--|------------------|------------------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Barrieren</b>                       | <b>324</b>       | <b>100%</b>            |
| D        | UK        | Verortung im Selbst                    | 61               | 18,83%                 |
| D        | TK        | Unsicherheit                           | 6                | 9,84%                  |
| D        | TK        | Versuch muss funktionieren             | 14               | 22,95%                 |
| I        | TK        | Relevanz-Bias                          | 14               | 22,95%                 |
| I        | TK        | Physisch (Motorik & Kraft)             | 24               | 39,34%                 |
| D        | UK        | Verortung in Funktionssystemen         | 0                | 0,00%                  |
| D        | UK        | Verortung in Kommunikation/Interaktion | 4                | 1,23%                  |
| D        | UK        | Verortung in der Umwelt                | 259              | 79,94%                 |
| D        | TK        | Gestaltungsprinzipien                  | 22               | 8,49%                  |
| D        | TK        | Material                               | 170              | 65,64%                 |

<sup>9</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

|   |    |                |    |        |
|---|----|----------------|----|--------|
| D | TK | eBook          | 42 | 16,22% |
| I | TK | Arbeitsblätter | 25 | 9,65%  |

In der Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren* sind die meisten Codes für synchrones Zusammenarbeiten (66,67%) vergeben worden. Das haben zwei Lernende in der ersten Stunde praktiziert. Die übrigen Codes wurden primär in den Unterkategorien *Ausprobieren* (16,67%) sowie *Information mehrfach im eBook abrufen* (12,50%) registriert (s. Tab. 24).

Tab. 24: Übersicht über die Codes in der Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren* im zweiten Mesozyklus

|          | Ebene     | Kategorie                            | Nennung $\Sigma$ | Prozent % <sup>10</sup> |
|----------|-----------|--------------------------------------|------------------|-------------------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Umgang mit Barrieren</b>          | <b>24</b>        | <b>100%</b>             |
| I        | UK        | Raten                                | 0                | 0,00%                   |
| I        | UK        | Ausprobieren (vorherige Stunden)     | 4                | 16,67%                  |
| I        | UK        | mehrfach eBook /Handlungen im eBook  | 3                | 12,50%                  |
| I        | UK        | Synchron arbeiten / zusammenarbeiten | 16               | 66,67%                  |
| D        | UK        | Nichtstun                            | 0                | 0,00%                   |
| I        | UK        | Fluchen                              | 1                | 4,17%                   |

Von den insgesamt vergebenen Codes entfallen 4,72% auf die Hauptkategorie *Lehrkraft initiiert Hilfe*. Die Kompetenz der Lernenden *Hilfe anfordern* wurde 7,49% codiert, was ca. 1,6 mal mehr ist.

## 12.5 Qualitative Ergebnisdarstellung des zweiten Mesozyklus

In der folgenden qualitativen Auswertung wird das Potenzial aufgezeigt, das sich aus den weiterentwickelten Gestaltungsprinzipien, den redesignten eBooks und Arbeitsblättern ergeben. Außerdem werden auf noch bestehende oder neue Herausforderungen, Stolpersteine und Barrieren sowie den Umgang der Lernenden damit hingewiesen.

Dazu werden erneut jeweils exemplarische Auszüge aus Originaltranskripten hinzugezogen.

### 12.5.1 Hauptkategorie *Funktional*

Im Folgenden wird zunächst geschaut, welche Situationen in der Hauptkategorie *Funktional* codiert wurden. Dadurch sollen Situationen näher beschrieben werden, die sich auf die Gestaltungsprinzipien bzw. deren gelungene Umsetzung zurückführen lassen, damit die Lernenden selbstständig experimentieren können. Die vergebenen Codes zeigen, dass

<sup>10</sup> Die Prozentangaben sind auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet worden, sodass deren Summe ggf. nicht exakt 100 Prozent ergibt.

insbesondere die Zugänge den Lernenden ermöglicht haben, sich aus eigener Initiative über den nächsten Arbeitsschritt zu informieren und diesen auszuführen. Daher wird diese Kategorie mit ihren Teilkategorien im Folgenden genauer dargestellt.

### 12.5.1.1 Unterkategorie Zugänge

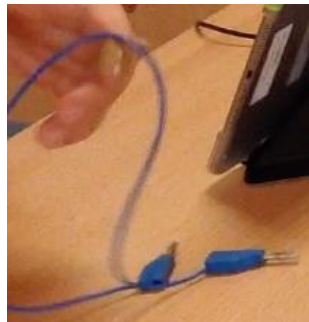
Im zweiten Mesozyklus wurden in der Hauptkategorie *Funktional* die meisten Codes in der Unterkategorie *Zugänge* vergeben. Diese gliedert sich wiederum in die Teilkategorien *Adiodatei*, *Fotoanleitung*, *Piktogramme*, *Text*, *Video* und *Multimedia*, d.h., wenn Lernende zur Ausführung einer Handlung explizit und offensichtlich mehrere Zugänge genutzt haben.

#### 12.5.1.1.1 Teilkategorie *Audiodatei*

Die Audiodateien waren in der zweiten Schule bei sieben von acht Lernenden im eBook hinterlegt. Sie wurden von ihnen als Zugangsmöglichkeit prioritär gewählt, um sich z.B. den nächsten Handlungsschritt zu erschließen, wie Beispiel 43 verdeutlicht: *[2S1 wischt im Tablet eine Folie weiter und startet das Audio. Setzt die Kopfhörer ab, steht auf und geht zum Materialtisch. Kommt mit einer blauen und einer roten Laborschnur zurück.]* (Bsp. 43, 2S1, 1. Stunde, 2. Szene).

Dieser Zugang hat die Lernenden dabei unterstützt, unbekannte Objekte mit unbekanntem Begriffen zu identifizieren (s. Bsp. 44).

*Bsp. 44: Stunde 1 (Datei: IMG\_0161.MOV)*

|   | Zeit  | Person | Handlung  |
|---|-------|--------|---|
|  | 19:34 | 2S6    | <i>[Setzt Kopfhörer auf.]</i>   |
|   | 19:49 |        | <i>[Startet eine Audiodatei.]</i>   |
|   | 20:05 |        | <i>[Startet die Audiodatei erneut.]</i>   |
|   | 20:14 |        | <b>Ein Blaues und ein Rotes.</b> <i>[Setzt die Kopfhörer ab.]</i>                             |
|   | 20:20 |        | <i>[Steht auf und geht zum Materialtisch.]</i>  |
|   | 20:37 |        | <i>[Kommt mit einer blauen und einer roten Laborschnur zurück.] Was macht man denn damit?</i> |

Es konnte außerdem registriert werden, dass die Lernenden die Audiodateien mehrfach abgespielt haben, bevor sie das Gehörte rezipieren oder in Handlungen umsetzen konnten (s. Bsp. 45).

Bsp. 45: Stunde 1 (Datei: IMG\_0161.MOV)

|  | Zeit  | Person | Handlung   |
|--|-------|--------|--|
|   | 30:05 | 2S6    | [Setzt Kopfhörer auf.]   |
|  | 30:12 |        | [Startet eine Audiodatei.]   |
|  | 30:19 |        | [Startet die Audiodatei erneut.]   |
|  | 30:27 |        | [Startet die Audiodatei erneut.]   |
|  | 30:35 |        | [Startet die Audiodatei erneut.]   |
|  | 30:43 |        | [Startet die Audiodatei erneut.]   |
|  | 30:50 |        | [Startet die Audiodatei erneut.]   |
|  | 30:58 |        | [Setzt die Kopfhörer ab.] Aaaah, stelle die Schale auf den Tisch.              |
|  | 31:05 |        | [Name von L].  |
|  | 31:06 | L      | Ja, am besten die Klammern rausnehmen.   |
|  | 31:10 | 2S6    | [Greift die Schale rechts von sich, zieht sie etwas näher heran.]              |
|  | 31:18 |        | [Räumt die Krokodilklemmen einzeln aus der Schale und legt sie auf den Tisch.] |
|  | 31:37 |        | [Nimmt die Schale und stellt sie vor sich auf den Tisch.] Fertig.              |

### 12.5.1.1.2 Teilkategorie *Fotoanleitung mit Realiter*

Neben den Audiodateien wurden die Fotos von den Lernenden genutzt, um sich über den nächsten Arbeitsschritt zu informieren. Dafür haben sie die Fotos teilweise im Vollbildmodus geöffnet. [2S8 öffnet das Foto vom Piepser im Vollbildmodus. Steht auf und geht zum Materialtisch. Kommt mit einem Piepser, einer Kohleplatte, einer roten und einer blauen Laborschnur zurück zum Arbeitsplatz.] (Bsp. 46,, 2S8, 5. Stunde, 12. Szene). Durch die Fotos konnten die Lernenden das Abgebildete nachstellen und so den Versuch aufbauen: [2S4 tippt auf das Foto im eBook, das sich im Vollbildmodus öffnet. Nimmt den Motor, zieht ihn neben die Schale. Dreht den Motor um 180°, sodass die Anschlüsse zur Schale zeigen. Klemmt die blaue Laborschnur an den Minuspol des Motors.] (Bsp. 47, 2S4, 2. Stunde, 3. Szene).

Mithilfe der Fotos haben die Lernenden darüber hinaus unbekannte Objekte mit unbekanntem Begriffen identifizieren können: [2S5 blickt auf das Tablet. Zeigt auf das Foto, wo eine Kupfer-



platte zu sehen ist, und blickt Richtung aufgebautem Versuch. Nimmt eine Kupferplatte von der Mitte des Tisches.] (Bsp. 48, 2S5, 3. Stunde, 11. Szene).

### 12.5.1.1.3 Teilkategorie *Multimedialer Zugang*

Auch im zweiten Mesozyklus haben die Lernenden die multiplen Repräsentationsmittel (Text & Foto / Text & Video / Audio & Foto / Audio & Video) eigenständig flexibel genutzt. Beispiel 49 verdeutlicht, dass sie sich einerseits mithilfe verschiedener Zugänge über den nächsten Handlungsschritt informiert haben: [SS8 wischt eine Folie weiter und startet die Audiodatei. Startet die Videodatei auf der Folie.] (Bsp. 49, 2S8, 1. Stunde, 6. Szene). Andererseits haben die Lernenden frei zwischen den multiplen Zugangsmöglichkeiten gewechselt. [2S6 zeigt auf die Audiodatei. Bewegt die Hand zum Foto und beginnt, die abgebildeten Klemmen zu zählen.] „Eins.“ [Startet die Audiodatei.] „Vier Klammern.“ (Bsp. 50, 2S6, 2. Stunde, 2. Szene).

## 12.5.2 Hauptkategorie *Kompetenzen*

In der Hauptkategorie *Kompetenzen* wurden insbesondere in den Unterkategorien *Versuchsergebnis*, *Tablet-Bedienung*, *Hilfe anfordern* sowie *(Handlungs-)Wissen* Ereignisse codiert (s. Abb. 39), in denen die Lernenden explizit vorhandene Kompetenzen bzw. einen Kompetenzzuwachs durch Äußerungen oder Handlungen zeigten. Diese Kompetenzen lassen sich entweder direkt auf die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung zurückführen oder können von den Lernenden aufgrund dieser abgerufen werden.

| Codesystem                | 2S1 |   |    |    | 2S2 |    |    |    | 2S3 |    |    |    | 2S4 |    |    |    | 2S5 |    |    |    | 2S6 |   |    |    | 2S7 |    |   |    | 2S8 |    |   |    |    |    |    |     |    |  |    |
|---------------------------|-----|---|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|---|----|----|-----|----|---|----|-----|----|---|----|----|----|----|-----|----|--|----|
| <b>Kompetenzen</b>        |     |   |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |   |    |    |     |    |   |    |     |    |   |    | 0  |    |    |     |    |  |    |
| > Versuchsergebnis        | 2   | 1 | 5  | 12 | 5   | 6  | 7  | 4  | 11  | 4  | 6  | 11 | 6   | 5  | 5  | 13 | 2   | 13 | 14 | 15 | 13  | 2 | 2  | 7  | 6   | 11 | 3 | 7  | 2   | 20 | 5 | 5  | 5  | 4  | 9  | 148 |    |  |    |
| > Mitschüler*innen helfen |     |   |    |    | 2   | 9  | 7  | 2  | 4   | 2  | 1  |    |     | 1  |    |    |     |    |    |    |     |   |    |    |     |    | 1 |    |     |    |   |    |    |    |    |     |    |  |    |
| > Hilfe anfordern         | 1   |   |    |    | 5   | 2  | 1  | 1  | 2   | 4  | 6  | 7  | 4   | 7  | 3  | 9  | 17  | 2  | 4  | 1  | 1   | 1 | 2  | 3  | 4   | 1  | 4 | 4  | 1   | 2  | 3 | 3  | 4  | 2  | 2  | 6   | 19 |  |    |
| > Transfer                |     |   |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |   |    |    |     | 1  |   |    |     |    |   |    | 1  |    |    |     |    |  |    |
| > Tablet-Bedienung        | 2   |   |    |    | 7   | 8  | 10 | 3  | 1   | 2  | 12 | 6  | 7   | 6  | 5  | 1  |     |    |    |    | 8   |   |    |    |     |    |   | 9  | 3   | 3  | 3 | 3  | 2  | 2  | 2  | 2   | 07 |  |    |
| > Versuchsaufbau          |     |   |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |     |   |    |    |     |    |   |    |     |    |   |    |    | 0  |    |     |    |  |    |
| > eBook als Hilfsmittel   | 3   | 3 | 3  | 2  | 1   |    |    |    |     | 2  | 3  | 1  | 3   | 3  |    |    | 2   |    |    |    |     | 2 | 5  | 2  | 4   | 2  |   |    |     |    |   |    |    | 3  | 6  | 4   | 2  |  | 36 |
| > (Handlungs-)Wissen      | 2   | 1 | 5  | 15 | 3   | 11 | 11 | 13 | 39  | 3  | 10 | 13 | 3   | 3  | 10 | 7  | 3   | 4  | 14 | 23 | 31  | 2 | 8  | 13 | 7   | 14 | 1 | 7  | 12  | 28 | 2 | 12 | 7  | 10 | 13 | 60  |    |  |    |
| > Hypothesenbildung       |     |   |    |    |     |    |    |    | 4   |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    | 1  |     |   |    |    |     |    |   |    |     |    |   |    | 11 |    |    |     |    |  |    |
| <b>SUMME</b>              | 10  | 5 | 13 | 43 | 18  | 28 | 29 | 22 | 62  | 19 | 39 | 35 | 27  | 20 | 30 | 39 | 9   | 21 | 29 | 47 | 49  | 8 | 13 | 29 | 16  | 35 | 9 | 18 | 20  | 55 | 6 | 29 | 20 | 20 | 30 | 332 |    |  |    |

Abb. 39: Überblick über die vergebenen Codes in der Hauptkategorie *Kompetenzen* im zweiten Mesozyklus


### 12.5.2.1 Unterkategorie *(Handlungs-)Wissen*

Die meisten Codes wurden in der Unterkategorie *(Handlungs-)Wissen* vergeben, die sich wiederum in mehrere Teilkategorien untergliedert. Eine davon umfasst alle Ereignisse, in denen die Lernenden ohne das eBook oder eine andere Person den Versuch selbstständig auswendig aufgebaut und/oder durchgeführt haben. [2S5 legt das geschlossene Tablet auf den Arbeitsplatz und geht zum Materialtisch. Kommt mit einer Kohleplatte, einer LED, vier Krokodilklemmen,

einer roten und einer blauen Laborschnur zurück zum Arbeitsplatz.] (Bsp. 51, 2S5, 5. Stunde, 1. Szene).

Wenn die Lernenden in der Interaktion mit einer Lehrkraft äußern konnten, was sie machen mussten, wurde dies in einer anderen Teilkategorie registriert (s. Bsp. 52).

Bsp. 52: Stunde 5 (Datei: IMG\_0001.MOV)

|  | Zeit  | Person | Handlung  |
|--|-------|--------|---|
|  | 12:22 | 2S6    | [Setzt Kopfhörer auf.]  |
|  | 12:30 |        | [Startet die Audiodatei auf der Folie.]   |
|  | 12:34 |        | Eine Batterie. [Setzt die Kopfhörer ab.]  |
|  | 12:42 |        | Eine Batterie.  |
|  | 12:43 | L      | So! Was brauchst du alles? [Zeigt auf das Tablet.]  |
|  | 12:46 | 2S6    | Kabel.  |
|  | 12:49 |        | [Tippt auf das Tablet.] Ne' schwarze Platte ... auch.   |
|  | 12:55 | L      | Weißt du noch, wie die schwarze Platte heißt?   |
|  | 12:55 | 2S6    | [Steht auf.] Kohle.   |
|  | 12:58 | L      | Sehr gut.   |
|  | 13:00 | 2S6    | [Geht zum Materialtisch.]   |
|  | 13:27 |        | [Kommt mit einer Kohleplatte, einer roten und einer blauen Laborschnur zurück zum Arbeitsplatz.] Das schon mal. |

Teilweise haben die Lernenden auf die Frage einer Lehrkraft durch Handlungsausführungen oder durch Zeigegesten reagiert wie im folgenden Transkriptauszug: L: „Wo kommt die rote Klemme dran?“ – 2S3: „Da.“ [Zeigt auf die Kohleplatte.] (Bsp. 53, 2S3, 1. Stunde, 9. Szene).

In der Teilkategorie *Platten berühren* wurden Ereignisse codiert, wenn die Lernenden wussten, dass sich die Elektroden nicht berühren dürfen: [2S2 richtet die Zink- und die Kohleplatte in der Schale senkrecht auf und hält sie fest, damit sie sich nicht berühren.] (Bsp. 54, 2S2, 5. Stunde, 4. Szene).

Die übrigen Codes in dieser Unterkategorie entfallen auf die Teilkategorien, *Lehrmaterialkenntnis*, *Materialhandhabung*, *Platten abspülen*, *Anschlusskontrolle*, *Umrühren*, *Umpolen* und *Sonstiges* (s. Abb. 40).

| Codesystem                     | 2S1      | 2S2           | 2S3     | 2S4      | 2S5          | 2S6         | 2S7       | 2S8          |     |
|--------------------------------|----------|---------------|---------|----------|--------------|-------------|-----------|--------------|-----|
| Kompetenzen                    |          |               |         |          |              |             |           |              | 0   |
| (Handlungs-)Wissen             |          |               |         |          |              | 2           |           |              | 2   |
| Propeller drehen               |          | 1             |         |          | 1            |             |           | 5 1 1        | 9   |
| Materialhandhabung             |          |               | 1 1     |          |              |             | 1         |              | 6   |
| Lehrmaterialkenntnisse         |          | 1 1           |         | 1 1      | 1            | 2 1         | 1         | 1            | 13  |
| Anschlusskontrolle             |          |               | 5       | 4        | 1            | 3 5         | 1         |              | 22  |
| Platten abspülen               |          | 3             |         | 2        |              |             |           | 1            | 5   |
| Versuchsaufbau auswendig       | 1 4      | 3 2 5 13      | 5 4     | 1 1 5 6  | 3 2 8 23     | 2 1 3 6     | 2 8 20    | 1 2 5 8 9    | 153 |
| Umrühren                       | 2        | 2 2 3 9       |         |          | 3 2          |             |           |              | 24  |
| Versuchsaufbau - Lehrerinterak | 2 1 2 9  |               | 1 1 2 3 | 1 1 4 1  | 6 3 1        | 2 6 7 4 6   |           | 2 1 3 1 1 1  | 72  |
| Umpolung                       |          | 1 3           |         |          | 1            |             |           | 1            | 6   |
| Platten berühren               |          | 1 7 1 8       | 5       | 1        | 1 2 3        |             | 3 3 4     |              | 39  |
| SUMME                          | 2 1 5 13 | 3 10 11 13 37 | 3 10 13 | 3 3 10 7 | 3 4 14 23 31 | 2 8 12 7 14 | 0 7 12 27 | 2 11 7 10 13 | 351 |

Abb. 40: Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie (Handlungs-)Wissen im zweiten Mesozyklus

### 12.5.2.2 Unterkategorie Versuchsergebnis


Eine weitere Unterkategorie stellt die Kompetenz dar, das Versuchsergebnis zu beobachten und zu verbalisieren bzw. zu notieren. Beim Codieren wurde zwischen der Mitteilungsart differenziert, sodass es die Teilkategorien *verbal* und *Arbeitsblatt* gibt. Versuchsergebnisse, die durch Gebärden bzw. Zeigegesten ausgedrückt wurden, wurden ebenfalls in der Teilkategorie *verbal* registriert, wie das Beispiel 55 zeigt: 2S2: [Zeigt auf den sich drehenden Motor. Macht die Gebärde für ‚wenig‘.] – L: „Bisschen, ne?“ – 2S2: [Zeigt auf den Motor und macht die Gebärde für ‚drehen‘.] (Bsp. 55, 2S2, 3. Stunde, 6. Szene). Der folgende Transkriptauszug steht exemplarisch für das Notieren des Versuchsergebnis: [2S3 haut mit der Faust auf den Tisch, weil der Motor sich mit destilliertem Wasser nicht dreht. Kreuzt auf dem Arbeitsblatt diese Antwort an.] (Bsp. 56, 2S3, 2. Stunde, 13. Szene)

### 12.5.2.3 Unterkategorie Hilfe anfordern

Bei Verständnisschwierigkeiten, Unsicherheiten oder wenn beim Versuchsaufbau Unterstützung benötigt wurde, haben die Lernenden die Lehrkräfte oder Mitschüler\*innen um Hilfe gebeten bzw. sich an ihren Mitschüler\*innen orientiert. Die Codes wurden vergeben, wenn Lernende Unterstützungsbedarf verbal äußerten: 2S1: „Was machen wir denn, [Name von L]? Weiß nicht mehr, wie das geht.“ (Bsp. 57, 2S1, 4. Stunde, 6. Szene). Codiert wurde diese Unterkategorie ebenfalls, wenn sich die Lernenden meldeten, durch Blicke kommunizierten, andere Personen antippten oder ihnen Materialien hinhielten.

*Mitschüler\*innen orientieren* wurde codiert, wenn Lernende eindeutig zu einer anderen Person bzw. einem anderen Versuch geschaut haben oder Handlungen anderer Personen imitierten wie im Bsp. 58:


Bsp. 58: Stunde 1 (Datei: IMG\_0120.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung   |
|---|-------|--------|--|
|  | 15:29 | 2S2    | [Blickt auf und in Richtung 2S7.]  |
|   | 15:30 | 2S7    | [Beugt sich über das Tablet.]  |
|   | 15:31 | 2S2    | [Beugt sich ebenfalls über das Tablet.]  |
|   | 15:35 | 2S7    | [Steckt den Bananenstecker der blauen Laborschnur in das dafür vorgesehene Loch der Krokodilklemme.] |
|   | 15:38 | 2S2    | [Steckt den Bananenstecker der roten Laborschnur in das dafür vorgesehene Loch der Krokodilklemme.]  |

#### 12.5.2.4 Unterkategorie eBook als Hilfsmittel

Auch im zweiten Mesozyklus haben die Lernenden das eBook eigeninitiativ zurate gezogen, wenn sie selbst nicht wussten, was sie als nächstes tun sollten oder wenn sie die Frage der Lehrkraft nicht beantworten konnten (s. Bsp. 59). Es wurden ebenfalls Codes vergeben, wenn die Lernenden Fragen beantwortet haben, indem sie z.B. auf Fotos im eBook gezeigt oder Audiodateien angehört und diese dann rezipiert haben.

Bsp. 59: Stunde 3 (Datei: IMG\_0124.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung   |
|---|-------|--------|--|
|  | 19:13 | 2S1    | [Wischt eine Folie weiter und startet die Audiodatei.]   |
|   | 19:13 | I      | So, nächstes ist?  |
|   | 19:21 | 2S1    | [Stützt den linken Ellbogen auf dem Tisch ab, den Kopf in die Hand und blickt auf das Tablet.] |
|   | 19:24 |        | Ah! [Nimmt ein Ende der blauen Laborschnur und klemmt es an den Minuspol des Motors.]          |

Mithilfe des eBook konnten die Lernenden sowohl von sich aus Gespräche initiieren als auch befähigt werden, die richtige Antwort zu geben, wenn sie diese nicht wussten und/oder den aktiven Wortschatz zur Verbalisierung nicht hatten. Dies hat die Möglichkeit erhöht, an kommunikativen Prozessen teilzunehmen: [2S6 startet die Audiodatei auf der Folie.] „Du

brauchst... Du brauchst ...“ [Lauter.] – L: [Dreht sich zu 2S6.] „Du brauchst... Was brauchst du?“ [Macht die Gebärde für ‚was‘.] (Bsp. 60, 2S6, 3. Stunde, 2. Szene).

### 12.5.2.5 Unterkategorie eBook-Bedienung

Eine weitere Unterkategorie stellt die kompetente eBook-Bedienung dar. Die Lernenden haben u.a. gezeigt, dass sie den Vollbildmodus souverän öffnen und schließen, von der Inhaltsübersichtsfolie die erste Seite des eBook auswählen und den Bildschirm wieder anschalten konnten. [2S4 tippt auf den schwarzen Bildschirm des Tablets. Die Folie erscheint wieder. Öffnet das Foto vom Motor im Vollbildmodus.] (Bsp. 61, 2S4, 4. Stunde, 11. Szene).


### 12.5.3 Hauptkategorie Barrieren

Auch im zweiten Mesozyklus sind neben Hinweisen für die Funktionalität der Gestaltungsprinzipien und auf die Kompetenz der Lernenden Herausforderungen bzw. Barrieren identifiziert worden. Diese bilden die dritte Hauptkategorie. Die Codes wurden hauptsächlich in den Unterkategorien *Verortung in der Umwelt* sowie *Verortung im Selbst* registriert.

#### 12.5.3.1 Unterkategorie Verortung im Selbst

Die Barrieren, die im Selbst verortet werden, entstehen aus komplexen Wechselwirkungen zwischen individuellen Ausgangsbedingungen und der Situation (s. 3.3). Im zweiten Mesozyklus wurden in diesem Sinne u.a. die Teilkategorien *Versuch muss funktionieren*, *Relevanz-Bias* und *Motorik* registriert. Das Beispiel 62 steht exemplarisch für die Teilkategorie *Motorik*:

Bsp. 62: Stunde 4 (Datei: IMG\_0153.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung   |
|---|-------|--------|--|
|  | 19:16 | 2S6    | [Versucht, das Ende der blauen Laborschnur an den Minuspol des Piepsers zu klemmen.] |
|   | 19:22 |        | Geht wieder nicht.   |
|   | 19:24 | L      | Feste zusammendrücken.   |
|   | 19:26 |        | [Greift zum Ende der blauen Laborschnur. Klemmt es an den Minuspol des Piepsers.]    |

Der folgende Transkriptauszug ist typisch für die Teilkategorie Relevanz-Bias: L: „[Name von 2S5], es geht nicht darum zu schauen, welche Farbe [das Elektrolyt hat], sondern du sollst schauen, ob sich der Motor dreht oder nicht“ (Bsp. 63, 2S5, 2. Stunde, 19. Szene).

### 12.5.3.2 Unterkategorie *Verortung in der Umwelt*

Barrieren, die z.B. auf den Erfahrungsraum der Lernenden, auf die konkreten Lerngegenstände des Faches bzw. der Stunde, auf die vorhandene Ausstattung und Einrichtung des Raums oder auf die spezifischen Denk- und Arbeitsweisen zurückzuführen sind, wurde in der Unterkategorie *Verortung in der Umwelt* codiert. Diese wurde weiter untergliedert, und zwar auf Barrieren in Bezug auf *Gestaltungsprinzipien*, auf das genutzte *Material*, das *eBook* und auf die *Arbeitsblätter* (s. Abb. 41).

| Codesystem              | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 2S4 | 2S5 | 2S6 | 2S7 | 2S8 |   |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| Barrieren               |     |     |     |     |     |     |     |     | 0 |
| Verortung in der Umwelt |     |     |     |     |     |     |     |     | 0 |
| Gestaltungsprinzipien   | 1   | 2   | 1   | 2   | 1   |     | 6   | 2   | 1 |
| Material                | 12  | 3   | 10  | 7   | 5   | 1   | 3   | 4   | 8 |
| eBook                   | 3   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 2   | 2   | 2 |
| Arbeitsblätter          | 1   | 2   | 1   | 2   | 2   | 1   | 7   | 1   | 4 |
| SUMME                   | 17  | 5   | 12  | 12  | 6   | 1   | 4   | 3   | 6 |


Abb. 41: Überblick über die vergebenen Codes in der Unterkategorie *Verortung [der Barrieren] in der Umwelt* im zweiten Mesozyklus

#### 12.5.3.2.1 Teilkategorie *Gestaltungsprinzipien*

Bei detaillierter Betrachtung der vergebenen Codes in der Kategorie *Gestaltungsprinzipien* fällt auf, dass diese hauptsächlich vergeben wurden, wenn das eBook nicht in Form einer sogenannten Kochbuchanleitung gestaltet war (s. Bsp. 64). Dadurch mussten Lernende selber überlegen, welche Materialien sie benötigten und wie der Versuch aufgebaut wird. Dies mussten sie in der vierten und fünften Stunde leisten. Beim Vergleich beider Stunden lässt sich feststellen, dass ca. zwei Drittel der Codes in der vierten Stunde registriert wurden. Das deutet darauf hin, dass die Barriere der fehlenden Kochbuchanleitung reduziert wurde und ein Lernprozess stattgefunden hat.

Bsp. 64: Stunde 4 (Datei: IMG\_0131.MOV)

|  | Zeit  | Person | Handlung                        |
|--|-------|--------|---------------------------------|
|  | 12:26 | 2S4    | [Meldet sich.]                  |
|  | 12:27 | L      | [Geht zum Arbeitsplatz von S4.] |
|  | 12:30 |        | Ja?                             |
|  | 12:31 | 2S4    | Was muss ich jetzt machen?      |

|   |       |     |  |
|---|-------|-----|--|
|  | 12:33 | L   | Weißt du das noch?   |
|   | 12:35 | S4  | [Schüttelt den Kopf.]  |
|   | 12:36 | L   | Mhmmmm,... Überleg doch mal. Was ... Du hast das rote Kabel in der Hand. [Zeigt auf die rote Laborschnur.] Wo kommt das hin? |
|   | 12:42 | 2S4 | [Nimmt den Piepser in die Hand.]   |
|   | 12:46 |     | [Fasst den Pluspol des Piepsers an.]   |
|   | 12:48 | L   | Mhm. [Zustimmend.]   |
|   | 12:51 | 2S4 | [Klemmt die rote Laborschnur an den Pluspol des Piepsers.]   |

### 12.5.3.2.2 Teilkategorie *Material*

In der Teilkategorie *Material* wurde eine Barriere identifiziert, wenn sich die Elektroden berührt haben, weil dadurch kein Strom umgewandelt werden konnte. Die Elektroden haben sich berührt, wenn die Lernenden diese nicht mit Abstand in die Schale stellten oder weil sie leicht umgefallen bzw. gegeneinander gefallen sind. Im zweiten Mesozyklus wurde eine Trennwand hinzugenommen, um das zu verhindern. Dies wurde den Lernenden nur mündlich mitgeteilt bzw. demonstriert, jedoch nicht im eBook vermerkt. Es konnte registriert werden, dass die Lernenden mehrfach auf die Trennwand hingewiesen werden mussten: L: „Ich bau dir hier mal `ne Trennwand ein.“ [Steckt eine Trennwand zwischen die Zink- und die Kohleplatte, damit diese sich nicht berühren.] (Bsp. 65, 2S3, 2. Stunde, 7. Szene).

Die Handhabung der Krokodilklemmen und das Verbinden mit den Laborschnüren oder den Elektroden bzw. Polen des Stromumwandlers konnte auch im zweiten Mesozyklus als Barriere identifiziert werden: [2S1 drückt den Bananenstecker wieder auf die Spitze der Krokodilklemme. Wiederholt dies viermal. Drückt den Bananenstecker wieder auf die Spitze der Krokodilklemme. Wiederholt dies und steckt dabei den Bananenstecker in die Klemme der Krokodilklemme.] (Bsp. 66, 2S1, 1. Stunde, 4. Szene).


Beim Versuchsaufbau und der -durchführung sind die meisten Situationen codiert worden, in denen die Lernenden Schwierigkeiten hatten bzw. auf Barrieren gestoßen sind. Besonders schwierig war, die Elektroden richtig mit den Polen des Stromumwandlers zu verbinden. Teilweise wurden diese vertauscht, wie folgender Transkriptauszug verdeutlicht: [2S4 klemmt das Ende der blauen Laborschnur an den Pluspol der LED.] (Bsp. 67, 2S4, 5. Stunde, 10. Szene). Es gab auch Situationen, in denen die einzelnen Elemente zu nicht intendierten Kreisen



miteinander verbunden wurden: [2S4 klemmt die rote Laborschnur an den Pluspol der LED, sodass die rote Laborschnur den Plus- und den Minuspol der LED verbindet. 2S4 klemmt die blaue Laborschnur an die Kohleplatte, sodass die blaue Laborschnur die Kohle- mit der Zinkplatte verbindet.] (Bsp. 68, 2S4, 5. Stunde, 11. Szene).

Auch in der zweiten Stunde schütteten einige Lernende das Elektrolyt nicht nach jedem Versuchsdurchlauf weg, sondern fügten immer ein neues zur Lösung hinzu (s. Bsp. 69).


Bsp. 69: Stunde 2 (Datei: IMG\_0129.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung   |
|---|-------|--------|--|
|  | 22:05 | 2S5    | [Will Cola in die Schale schütten.]                            |
|   | 22:05 | L      | Stop. [Tippt auf die Schale.] Du musst auskippen, erst einmal. |
|   | 22:07 | 2S5    | [Stellt die Colaflasche wieder auf den Tisch.] Wo auskippen?   |
|   | 22:08 | L      | Ins Waschbecken. [Zeigt in Richtung Waschbecken.]              |

In der dritten Stunde sollten die Lernenden die Elektroden variieren. Dabei hat sich herauskristallisiert, dass sie auch im zweiten Mesozyklus Probleme hatten, die verschiedenen Platten eindeutig zu identifizieren. Damit hatten sie Schwierigkeiten, die Elektroden entsprechend der Anweisung zu tauschen bzw. miteinander zu kombinieren: 2S3: „Oh, oh.“ [Zeigt auf das erste Foto auf der Folie, wo eine Bleiplatte zu sehen ist. Dann auf das Foto mit der Aluminiumplatte.] „Schwer.“ – L: [Nimmt von der Mitte des Tisches eine Aluminiumplatte.] „Das hier ist die Letzte.“ (Bsp. 70, 2S3. 3. Stunde. 17. Szene).

Es zeigte sich, dass die Lernenden in der fünften und letzten Stunde Schwierigkeiten hatten, selbstständig Batterien in Reihe zu schalten bzw. den Stromumwandler an die verschiedenen Batterien anzuschließen (s. Bsp. 71).

Bsp. 71: Stunde 5 (Datei: IMG\_0133.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung   |
|---|-------|--------|--|
|  | 32:51 | I      | Du darfst anschließen. [Hält 2S7 das Ende der blauen Laborschnur hin.] |
|   | 32:56 | 2S7    | Wohin? [Nimmt das Ende der blauen Laborschnur von I.]                  |



|  |       |     |  |
|--|-------|-----|--|
|  | 32:58 | I   | An deine Zinkplatte. <i>[Dreht die dritte Schale so, dass die Zinkplatte zu 2S7 zeigt.]</i>          |
|  | 33:11 | 2S7 | <i>[Klemmt die blaue Laborschnur an die Zinkplatte in der dritten Schale. Die LED leuchtet auf.]</i> |

### 12.5.3.2.3 Teilkategorie eBook

Beim eBook hat sich im zweiten Mesozyklus als größte Barriere herausgestellt, dass die Lernenden die Orientierung innerhalb des eBook verloren hatten, wie folgender Transkriptauszug verdeutlicht: *[2S4 wischt eine Folie weiter und wieder eine zurück. Blickt auf und in Richtung 2S3. Wischt fünf Folien weiter.]* (Bsp. 72, 2S4, 2. Stunde, 2. Szene).

Außerdem war manchmal die Lautstärke nicht optimal eingestellt. Aufgrund des aktivierten Zugriffs benötigten die Lernenden die Unterstützung einer Lehrkraft, die den geführten Zugriff deaktivieren musste, um die Lautstärke anzupassen. In einer Stunde ließ sich in einem eBook der geführte Zugriff nicht aktivieren. Dadurch hat die lernende Person mehrfach das eBook verlassen oder geschlossen und benötigte Hilfe, es wieder aufzurufen. *[2S8 tippt oben rechts in die Ecke. Die Funktion ‚meine Notizen‘ erscheint. Tippt dreimal oben links in die Ecke und schließt das eBook.]* „Oh, nein.“ (Bsp. 73, 2S8, 5. Stunde, 11. Szene).

### 12.5.3.2.4 Teilkategorie Arbeitsblätter

In der Kategorie *Arbeitsblätter* zeigen die vergebenen Codes, dass die Barrieren hauptsächlich darin bestehen, die richtige Zeile bzw. den Aufgabenteil entsprechend der Versuchsbedingungen zu finden: *[2S4 bewegt den Stift zur dritten Aufgabe auf dem Arbeitsblatt.]* – L: „Nee, wir sind hier oben.“ *[Zeigt auf die erste Aufgabe auf dem Arbeitsblatt.]* (Bsp. 74, 2S4, 3. Stunde, 13. Szene). Manchmal wurden die Versuchsergebnisse nicht direkt nach der Beobachtung auf den Arbeitsblättern notiert, sondern erst, nachdem alle durchgeführt worden waren. Dann konnten sich die Lernenden nicht immer korrekt an ihre Beobachtungen erinnern, sodass sie teilweise falsche Versuchsergebnisse notierten.

## 12.5.4 Hauptkategorien *Umgang mit Barrieren* und *Sonstiges*

Die übrigen Codes des ersten Mesozyklus entfallen auf die Hauptkategorien *Umgang mit Barrieren* und *Sonstiges*.

In der Hauptkategorie *Umgang mit Barrieren* wurden im zweiten Mesozyklus die meisten Ereignisse in der Teilkategorie *synchron arbeiten/zusammenarbeiten* registriert. Diese entfallen alle auf die erste Stunde, in der dies bei zwei Lernenden beobachtet werden konnte (s.

Bsp. 75).


Bsp. 75: Stunde 1 (Datei: IMG\_0120.MOV)

|   | <b>Zeit</b> | <b>Person</b> | <b>Handlung</b>  |
|---|-------------|---------------|--|
|  | 06:56       | 2S2           | [Startet die Audiodatei auf dem Deckblatt des e-Book.]   |
|   | 06:58       | 2S7           | [Startet die Audiodatei auf dem Deckblatt des e-Book.]   |
|   | 07:04       |               | [Wischt eine Folie weiter und startet die Audiodatei.]   |
|   | 07:06       | 2S2           | [Wischt eine Folie weiter und startet die Audiodatei.]   |
|   | 07:10       | 2S7           | [Wischt eine Folie weiter und startet die Audiodatei oben links.]  |
|   | 07:11       | 2S2           | [Wischt eine Folie weiter und startet die Audiodatei oben links.]  |
|   | 07:17       | 2S7           | [Setzt die Kopfhörer ab, steht auf und geht zum Materialtisch.]  |
|   | 07:17       | 2S2           | [Setzt die Kopfhörer ab, steht auf und geht zum Materialtisch.]  |
|   | 07:34       | 2S7           | [Kommt mit einer Schale zurück, stellt sie auf den Arbeitsplatz und setzt sich.]   |
|   | 07:35       | 2S2           | [Kommt mit einer Schale zurück, stellt sie auf den Arbeitsplatz und setzt sich.]   |
|   | 07:36       | 2S7           | [Setzt die Kopfhörer auf.]   |
|   | 07:38       | 2S2           | [Setzt die Kopfhörer auf.]   |
|   | 07:40       | 2S7           | [Tippt auf den schwarzen Bildschirm des Tablets und die Seite des eBook erscheint wieder. Startet die Audiodatei oben in der Mitte.] |
|   | 07:41       | 2S2           | [Tippt auf den schwarzen Bildschirm des Tablets und die Seite des eBook erscheint wieder. Startet die Audiodatei oben in der Mitte.] |

In die Hauptkategorie *Sonstiges* wurden beispielsweise codierte Situationen subsumiert, in denen die Lernenden ihre Beobachtungen mitteilen oder ihre Kompetenzen bzw. Fähigkeiten

demonstrieren wollten. 2S4: „[Name von 2S7], guck! Ganz ohne Hilfe.“ [Zeigt auf den eigenen aufgebauten Versuch.] „Ich hab‘ bei dir heimlich abgeguckt.“ (Bsp. 76, 2S4, 5. Stunde, 4. Szene). Außerdem wurden in dieser Kategorie wieder affektive Reaktionen der Lernenden auf Versuchsbeobachtungen oder auf einzelne Handlungsschritte registriert. Auf diese Kategorie entfallen ebenfalls sonstige Beobachtungen der Lernenden wie z.B.: 2S5: „Die Würfel... [Zeigt auf die Schale im aufgebauten Versuch.] sind selbst aufgeplatzt.“ (Bsp. 77, 2S5, 2. Stunde, 16. Szene). Des Weiteren wurden Codes für einzelne Phänomene vergeben, die Hinweise auf zukünftige Fragestellungen und Themen geben können (s. Bsp. 78).

Bsp. 78:Stunde 5 (Datei: IMG\_0001.MOV)

|   | Zeit  | Person | Handlung   |
|---|-------|--------|--|
|  | 26:09 | 2S8    | Uhrzei... bie, bie, bie, bie.  |
|   | 26:16 |        | [Zeigt Richtung Whiteboard.] Bie, bie, bie, bie, bie, bie.   |
|   | 26:20 | L      | [Blickt Richtung Wanduhr neben dem Whiteboard.]<br>Noch nicht.                                     |
|   | 26:22 | 2S8    | Murzurzei.   |
|   | 26:28 |        | Uhrzei... [Steht auf und geht zum Whiteboard.]   |
|   | 26:36 |        | [Nimmt den magnetischen, nicht gestellten Kurzzeitwecker vom Whiteboard.] Uhrzei... [Aus dem Off.] |
|   | 26:48 |        | [Dreht sich um.] Uhrzei... [Aus dem Off.]  |
|   | 26:57 |        | [Geht mit dem nicht gestellten Kurzzeitwecker zurück zum Arbeitsplatz.]                            |
|   | 27:03 |        | [Stellt sich mit dem nicht gestellten Kurzzeitwecker hinter L.] Uhrzei... [Aus dem Off.]           |

Außerdem wurden erneut einige Codes in der Kategorie *Lehrkraft initiiert Hilfe* vergeben, wie z.B. für folgende Situation: L: „Versuch mal mit ein bisschen [Macht die Gebärde für ‚bisschen‘.] mehr Salz.“ – [2S2 nimmt die Schale mit dem Salz von der Mitte des Tisches.] (Bsp. 79, 2S2, 5. Stunde, 7. Szene).

## 12.6 Entwicklung der Codevergabe

Zur besseren Beurteilung, ob und welche Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung funktionieren, werden die vergebenen Codes in den einzelnen Stunden genauer betrachtet. Da nicht

alle acht Lernenden in jeder Stunde anwesend waren, sind die durchschnittlichen Codeanzahlen pro Stunde berechnet worden. Dies ermöglicht einen valideren Vergleich.

Tab. 25: Überblick über die vergebenen Codes in den Hauptkategorien im zweiten Mesozyklus

| Hauptkategorie            | Stunde 1                    | Stunde 2                    | Stunde 3                    | Stunde 4                    | Stunde 5                    | Insg.                        |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Funktional                | $\bar{\varnothing} = 8,43$  | $\bar{\varnothing} = 5,43$  | $\bar{\varnothing} = 7,00$  | $\bar{\varnothing} = 2,00$  | $\bar{\varnothing} = 2,17$  | $\bar{\varnothing} = 25,71$  |
| Kompetenzen               | $\bar{\varnothing} = 15,57$ | $\bar{\varnothing} = 23,14$ | $\bar{\varnothing} = 24,13$ | $\bar{\varnothing} = 28,29$ | $\bar{\varnothing} = 45,00$ | $\bar{\varnothing} = 133,14$ |
| Barrieren                 | $\bar{\varnothing} = 7,14$  | $\bar{\varnothing} = 10,86$ | $\bar{\varnothing} = 9,88$  | $\bar{\varnothing} = 9,57$  | $\bar{\varnothing} = 8,67$  | $\bar{\varnothing} = 2,17$   |
| Umgang mit Barrieren      | $\bar{\varnothing} = 2,43$  | $\bar{\varnothing} = 0,14$  | $\bar{\varnothing} = 0,13$  | $\bar{\varnothing} = 0,43$  | $\bar{\varnothing} = 0,33$  | $\bar{\varnothing} = 3,42$   |
| Sonstiges                 | $\bar{\varnothing} = 0,43$  | $\bar{\varnothing} = 1,29$  | $\bar{\varnothing} = 2,00$  | $\bar{\varnothing} = 1,29$  | $\bar{\varnothing} = 2,83$  | $\bar{\varnothing} = 7,71$   |
| Lehrkraft initiiert Hilfe | $\bar{\varnothing} = 2,29$  | $\bar{\varnothing} = 1,43$  | $\bar{\varnothing} = 2,38$  | $\bar{\varnothing} = 1,86$  | $\bar{\varnothing} = 2,83$  | $\bar{\varnothing} = 10,71$  |

Auch im zweiten Mesozyklus sind in der Hauptkategorie *Funktional* in der zweiten Stunde weniger Codes zu verzeichnen als in der ersten (s. Tab. 25). Die Lernenden haben sich z.B. nicht über jedes benötigte Material oder jeden Handlungsschritt im eBook informiert, sondern sich daran erinnert, was sie benötigen und wie der Versuch aufgebaut wird. Dadurch sind in der zweiten Stunde weniger Codes in der Unterkategorie *Zugänge* verzeichnet worden. In der dritten Stunde, als die Lernenden Elektroden variieren sollten, sind wieder mehr Ereignisse codiert worden. Herauszufinden, welche Elektrode variiert wird sowie die Differenzierung von Zink und Aluminium, hat sich als herausfordernd dargestellt (s. 12.5.3.2.2). Außerdem sind diese Materialien den Lernenden weniger vertraut als Zucker, Zitronensaft, Cola oder Essig, den Materialien der zweiten Stunde. Daher haben die Lernenden das eBook mehr genutzt.

Die ab der vierten Stunde deutlich geringeren Codes in der Hauptkategorie *Funktional* lassen sich darauf zurückführen, dass zu dem Zeitpunkt die Übersicht über das in jeder Stunde benötigte Material im eBook weggelassen wurde. Ab der vierten Stunde war außerdem der Versuchsaufbau nicht mehr Schritt für Schritt im eBook hinterlegt. Dadurch konnten die Lernenden das eBook per se weniger nutzen, sodass in den letzten beiden Stunden weniger Situationen dazu registriert werden konnten, ob die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung funktioniert.

In der Hauptkategorie *Kompetenzen* ist eine Steigerung innerhalb der Reihe zu registrieren, insbesondere in der fünften Stunde. Eine detailliertere Betrachtung, in welchen Kategorien die Codes in dieser Stunde vergeben wurden, zeigt, dass ca. ein Drittel auf die Teilkategorie *Versuch auswendig* entfällt. Fast die Hälfte der Codes in dieser Teilkategorie ist wiederum in der letzten Stunde registriert worden, in der die Lernenden den Versuch erst mit dem Motor, dann mit dem Piepser als Stromumwandler möglichst selbstständig und auswendig aufbauen sollten. Dieser Versuchsaufbau wurde jedoch nicht wie sonst als Kochbuchanleitung vorgegeben, sondern die Lernenden waren angehalten nachzudenken. Dadurch wurde Raum geschaffen, Kompetenzen zeigen zu können. Aufgrund der fehlenden Kochbuchanleitung mussten die Lernenden ihre experimentellen Kompetenzen abrufen. Sie haben diese durch Handlungen oder durch Aussagen z.B. zum Versuchsaufbau gezeigt. Außerdem mussten in der fünften Stunde in der dritten Versuchsbedingung Batterien in Reihe geschaltet werden, damit die LED leuchtet. Die in Reihe geschalteten Batterien waren neu für die Lernenden, sodass diese bei dieser Tätigkeit weitere Kompetenzen zeigen konnten. Das begründet die höhere Anzahl an Codes.

Die meisten Codes in der Hauptkategorie *Barrieren* sind in der Umwelt und insbesondere im Material zu verorten. Auf die Gestaltungsprinzipien entfallen hingegen sehr wenige. Bei genauerer Betrachtung ist Folgendes auffällig: Zwei Drittel sind darauf zurückzuführen, dass das eBook in der vierten Stunde umgestaltet wurde und die Lernenden für den Versuchsaufbau keine Kochbuchanleitung mehr hatten. Auch in der fünften Stunde war diese nicht vorhanden. Dort wurden im Vergleich zur vierten Stunde aber ca. ein Drittel weniger Barrieren diesbezüglich festgestellt.

Bei den Arbeitsblättern hatten die Lernenden trotz der Umgestaltung teilweise immer noch Schwierigkeiten, die richtige Aufgabe zur Versuchsbedingung zu finden, um ihre Versuchsbeobachtung zu notieren.

In der Hauptkategorie *Sonstiges* sind die meisten Codes in der dritten und fünften Stunde vergeben worden. Ein Großteil der registrierten Codes in der dritten Stunde lassen sich auf 2S3s affektive Handlungen zurückführen. In der vorherigen Stunde hatte 2S3 für verschiedene Versuchsbedingungen noch notiert, dass der Motor sich dreht, auch wenn er es nicht getan hat. In der dritten Stunde hat 2S3 das Versuchsergebnis korrekt protokolliert. Wenn der Motor sich drehte, wurde dies z.B. mit Jubeln und Klatschen begleitet, mit Fluchen und Faust auf den Tisch schlagen, wenn er es nicht tat.

In der letzten Stunde hatten viele Lernende das Bedürfnis, einer Lehrkraft und/oder einer integrierenden Person ihren Erfolg mitzuteilen, wenn sie die LED zum Leuchten gebracht haben. Die Anforderungen wurden anspruchsvoller, da Batterien in Reihe geschaltet werden mussten. Außerdem waren die Lernenden dazu angehalten, selber nachzudenken, wie der ihnen vertraute Versuchsaufbau verändert werden musste. Es gab dazu keine Kochbuchanleitung im eBook. Beides sind mögliche Begründungen dafür, dass sie ihren Erfolg (mehrfach) einer erwachsenen Person mitteilen wollten.

## 12.7 Vergleich der Ergebnisse vom ersten und zweiten Mesozyklus

Ein Vergleich der Ergebnisse des ersten und zweiten Mesozyklus zeigt, dass mehr Kompetenzen sowie weniger Barrieren registriert wurden. Die Kategorie *Funktional* wurde in beiden Zyklen ähnlich oft codiert (s. Abb. 42).

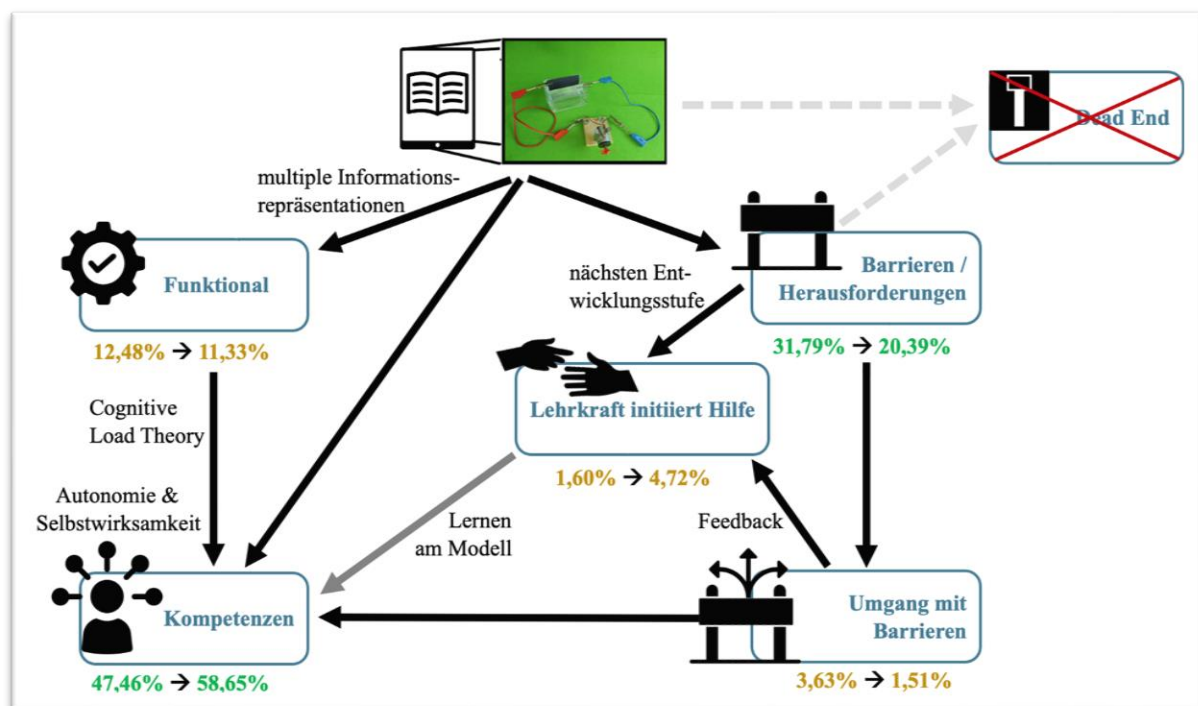


Abb. 42: Ergebnisse der beiden Mesozyklen im Vergleich – eigene Darstellung

In den Unterkategorien dieser Hauptkategorie lassen sich Unterschiede feststellen. Im ersten Mesozyklus erschließen sich die Lernenden den nächsten Handlungsschritt weniger häufig über die verschiedenen medialen Zugänge als im zweiten. Auch nutzen sie die Arbeitsblätter seltener. Anzumerken ist, dass die Arbeitsblätter zwischen beiden Zyklen verändert wurden. Dafür

nutzen die Lernenden des ersten Mesozyklus die farblichen Gestaltungen häufiger. Bei den verschiedenen medialen Zugängen greifen sie vermehrt auf die Fotoanleitungen zurück bzw. nutzen mehrere Zugänge, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen. Die Lernenden des zweiten Mesozyklus nutzen deutlich mehr die Audiodateien als Zugang (s. Anhang 16). In der Hauptkategorie *Kompetenzen* lässt sich feststellen, dass im zweiten Mesozyklus in den Unterkategorien *Versuchsergebnis* und *Tablet-Bedienung* deutlich mehr und in der Unterkategorie *eBook als Hilfsmittel* deutlich weniger Codes vergeben wurden. Im zweiten Mesozyklus haben die Lernenden ihre beobachteten Ergebnisse nachweislich häufiger auf dem Arbeitsblatt notiert, sodass das Re-Design funktional war. Auch die Umgestaltungen im eBook scheinen dazu geführt zu haben, dass die Lernenden weniger auf das eBook zurückgreifen mussten, weil sie nicht mehr so viel Hilfe beim Versuchsaufbau benötigten. Stattdessen konnten sie diesen entweder auswendig aufbauen, oder nachdem sie sich über den nächsten Handlungsschritt informiert hatten.

Vor dem zweiten Mesozyklus haben die Lernenden in zwei Doppelstunden mit eBooks zu anderen Themen physikalisch experimentiert. Dadurch hatten sie Gelegenheit, mit der Bedienung des Tablets, der Navigation innerhalb des eBook und dessen Struktur vertraut zu werden. Die Daten zeigen, dass bei den Lernenden des zweiten Mesozyklus deutlich mehr Codes in der Kompetenz, das Tablet zu bedienen, registriert wurden. Allerdings gab es mehr Situationen, in denen die Lernenden sich bzw. die Orientierung innerhalb des eBook verloren haben.

Die Barrieren, die sich auf die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung zurückführen lassen, konnten im zweiten Mesozyklus minimiert werden (s. Abb. 42). Lediglich die Tatsache, dass ab der vierten Stunde im eBook keine Kochbuchanleitung mehr vorhanden war, hat die Lernenden vor Herausforderungen gestellt. Diese waren in beiden Mesozyklen in der jeweils letzten Stunde geringer, d.h., die Lernenden sind besser mit der Veränderung zurechtgekommen. Es hat also definitiv ein Lernprozess stattgefunden, der sich u.a. darin zeigt, dass weniger Barrieren codiert wurden.

Durch die Umgestaltung der Arbeitsblätter, d.h. die Verwendung anderer Symbole und Piktogramme, konnten die Lernenden diese leichter identifizieren. Damit konnten Barrieren, die noch im ersten Mesozyklus vorhanden waren, minimiert werden. Beim Material wurden im zweiten Mesozyklus mehr Barrieren codiert. Zwar konnten die Barrieren in Bezug auf die fehlende Korrespondenz zwischen Foto und Realobjekt und, ab der zweiten Stunde, durch die Trennwände, auch das Berühren der Elektroden, reduziert werden.

Beim Versuchsaufbau bzw. der -durchführung sind jedoch wesentlich mehr Barrieren codiert worden. Hier war für die Lernenden insbesondere das Anklebmen der Krokodilklemmen herausfordernd sowie, diese an die richtige Elektrode bzw. an den richtigen Pol anzuschließen. Im Gegensatz dazu wurden weniger Barrieren beim Abspülen der Platten sowie beim in Reihenschalten der Batterien registriert, sodass die Umgestaltung der eBooks und Arbeitsblätter einen positiven Effekt hatte.

Die Kategorie *Umgang mit Barrieren* wurde im zweiten Mesozyklus im Vergleich zum ersten weniger codiert (s. Abb. 42). Es ist eine Codeabnahme in den Unterkategorien *Raten*, *Ausprobieren*, *Nichtstun* und *Fluchen* zu konstatieren. Im Gegensatz dazu haben die Lernenden im zweiten Mesozyklus synchron bzw. zusammengearbeitet sowie sich verstärkt mehrfach im eBook informiert, bevor sie einen Handlungsschritt ausgeführt haben.

Die Lehrkräfte sowie die integrationshelfenden Personen haben im zweiten Mesozyklus die Lernenden deutlich mehr von sich aus unterstützt, ohne dass explizit ein Hilfebedarf in den Videos zu beobachten war.

## 12.8 Interpretation der Ergebnisse

Im ersten Mesozyklus konnten Herausforderungen und Barrieren identifiziert werden, die eine selbstständige Erschließung der Versuchsanleitungen bzw. eine Umsetzung der Handlungsschritte erschwerten oder sogar verhinderten. Diese konnten im zweiten Mesozyklus durch eine Weiterentwicklung der Gestaltungsprinzipien oder eine adaptierte Umsetzung abgebaut werden. Es wurde z.B. eine unzureichende Realiterübereinstimmung in den Fotos und Videos korrigiert. Die (weiter-)entwickelten Gestaltungsprinzipien sowie deren Umsetzung im eBook verbesserten maßgeblich die Zugänglichkeit für die Lernenden. Sie ermöglichen erst einen grundsätzlichen Zugang zu den Versuchsanleitungen. Dies wiederum ist entscheidend für eine (optimierte) Teilhabe am physikalischen Experimentieren.

Mithilfe des eBook konnten die Lernenden sowohl eigenständig Gespräche initiieren als auch befähigt werden, die richtige Antwort zu geben, selbst wenn sie diese zunächst nicht wussten und/oder nicht den aktiven Wortschatz hatten, sie zu verbalisieren. Die physikalischen Fachbegriffe wurden gleichzeitig in der Alltagssprache der Lernenden angeboten, z.B. ‚eine Kohleplatte, eine schwarze Platte‘, außerdem waren Fotos mit den Realitern vorhanden (s. 11.6.2.3 & 12.5.2.4). Dies hat die Möglichkeit erhöht, an kommunikativen Prozessen aktiv teilzunehmen. Außerdem stellt das Visualisieren einen fluiden Übergang zur Unterstützten Kommunikation dar (Stöppler & Wachsmuth, 2010, S. 52). Im Fall der eBooks gilt dies nicht nur für das



Decodieren von Informationen, sondern auch für die Teilhabe an Kommunikationsprozessen. Damit zeigen sich ein passanter Ansatzpunkte, dass Tablets im Bildungsgang Geistige Entwicklung nicht nur in den Kulturtechniken, sondern auch in den Naturwissenschaften im Bereich der Unterstützten Kommunikation sinnvoll eingesetzt werden können.

Manche Lernende haben sich, anders als sonst, eigenständig und aktiv in den Unterricht eingebracht. Besonders hervorzuheben ist, dass eine lernende Person mit selektivem Mutismus in der letzten Stunde sogar Ein- und Zweiwortsätze verbalisiert hat, statt wie sonst ausschließlich mit Gebärden, Mimik und Zeigegesten zu kommunizieren. Hier zeigt sich, wie Deci und Ryan (2000) skizzieren, dass bei Lernenden, die im besonderen Maße Autonomie und Selbstwirksamkeit erlebt haben, das Vertrauen in die eigene Leistung zunimmt (S. 234).

Von den Lernenden in zweiten Mesozyklus konnte nur eine Person sinnennehmend Texte lesen. Daher hat diese Person einen Zeigefinger als Lesehilfe genutzt. Dafür waren der Zeilenabstand (1,2) und die Schrift ausreichend groß. Außerdem hat der große Zeilenabstand die einzelnen Handlungsschritte und Audiodateien voneinander separiert, sodass die Lernenden, die mehrere Handlungsschritte auf einer eBook-Seite hatten, sich gut orientieren und augenscheinlich den jeweils nachfolgenden Handlungsschritt leicht finden konnten.

Daher lässt sich feststellen, dass die Kombination aus nicht vordergründig sichtbaren, barrierefrei gestalteten Unterrichtsmaterialien und speziellen, bei Bedarf nutzbaren Hilfen, die Teilhabemöglichkeiten am physikalischen Experimentieren bei Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung erhöht. Mithilfe des entwickelten eBook sowie den dazugehörigen Arbeitsblättern konnten viele Barrieren abgebaut bzw. sogar eliminiert werden. In bestimmten Situationen benötigten die Lernenden jedoch Unterstützung durch die Lehrkräfte, damit sie selbstständig weiter experimentieren konnten.

Dies bedeutet nicht unbedingt, dass die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung redesigned werden müssen. Bei unbekanntem oder schwierigen Aufgaben haben Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung eine geringere intrinsische Motivation, sich damit auseinanderzusetzen (Sarimski, 2005, S. 178). Stattdessen sind sie stärker auf externe Anreize angewiesen, attribuieren Misserfolge außerdem eher als Zeichen unzureichender eigener Fähigkeiten und arbeiten weniger effektiv und ausdauernd.

Deshalb ist ein Feedback eines der wirkmächtigsten der fünf effektivsten Steuerungsinstrumenten im Unterricht in Bezug auf den Lernerfolg (Hattie, 2009, S. 120), insbesondere bei

Lernenden in anderen Bildungsgängen (Fefer & Vierbuchen, 2019, S. 61). Lehrkräfte sollten daher regelmäßig, gezielt und individuell Rückmeldungen zu jeweiligen Lernprozessen geben (Schwab et al., 2019, S. 105). Laut Hattie & Zierer (2017) sollte insbesondere auf der konkreten Aufgabenebene erwähnt werden, was richtig oder falsch gemacht wurde. Zu den Rückmeldungen zählen neben Hinweisen, Tipps und positiven Korrekturen auch das Loben, um zielführende Handlungsausführungen und Verhaltensweisen schrittweise zu verstärken (S. 138 ff.). In einigen Situationen haben die Lehrkräfte die Handlungsausführungen demonstriert bzw. für die Lernenden ausgeführt. Häufig konnten sie später diese Handlungen identisch imitieren und selbstständig ausführen, was sich u.a. mit der Theorie Lernen am Modell von Bandura (Roelle et al., 2023, S. 30) sowie den sogenannten Spiegelneuronen begründen lässt (Benz, 2022, o.S.). Dafür muss die Demonstration von den Lernenden registriert, exakt wahrgenommen und im Gehirn entsprechend kodiert und gespeichert, d.h. modelliert werden. Außerdem müssen die motorischen Voraussetzungen und Motivation gegeben sein (Bandura, 1976, S. 32). Wiederholungen wirken sich förderlich auf den Behaltensprozess aus. Die unmittelbare Nachahmung stellt geringere Anforderungen an die kognitiven Funktionen als eine verzögerte (Bandura, 1979, S. 36) ebenso wie die direkte Demonstration im Vergleich zu einer symbolischen und/oder sprachlichen Darbietung (Bandura, 1979, S. 49). Damit bleibt die Lehrkraft ein wichtiger und zentraler Faktor, selbst wenn der Unterricht und die Materialien vollkommen barrierefrei gestaltet sein sollten. Nur eine Lehrkraft kann den Lernenden gezieltes und individuelles Feedback geben, Bezüge zu den Ideen und Impulsen der Lernenden herstellen, durch Demonstrationen oder Handführungen das Ausführen von Handlungen unterstützen sowie schrittweise, durch Fragen oder Hinweise, Denkprozesse anregen und sich dabei in der Ansprache individuell auf das Gegenüber einstellen (Dechant et al., 2018, S. 30).

Die identifizierten Herausforderungen und Barrieren, die nicht im Fokus dieser Arbeit standen, die z.B. auf das Material zurückzuführen sind, sollten im Rahmen weiterer Forschung systematisch untersucht werden, um sie zu abzubauen (s. 11.6.3.2.2 & 12.5.3.2.2). Dadurch würde die Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung weiter optimiert.

Die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse sind, aufgrund der gewählten Stichprobe, weder für alle Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung noch für Lernende mit anderen Diversitätsdimensionen generalisiert. Dennoch liefern sie wichtige Anhaltspunkte zur Gestaltung von Unterrichtsmaterialien, mit denen alle Lernenden möglichst selbstständig experimentieren und somit am Unterricht partizipieren können. Die Transfermöglichkeiten werden in 15.2

dargestellt.

## 12.9 Konsequenzen für einen weiteren Mesozyklus

In den zwei Mesozyklen wurden zahlreiche, im Sinne des Forschungsvorhabens erkenntnisreiche Ergebnisse erlangt. Im Sinne des DBR wären weitere Mesozyklen sinnvoll gewesen. Überlegungen dazu werden im Folgenden vorgestellt.

Die meisten Barrieren des zweiten Mesozyklus sind in der Umwelt zu verorten, und zwar in der Teilkategorie *Material*. Eine Optimierungsmöglichkeit, diese Barrieren zu reduzieren, wäre der Einsatz von anderem Material. Alternativ könnte versucht werden, diese Barrieren durch Gestaltungsprinzipien und Anpassungen im eBook zu reduzieren. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere die Plattenidentifikation in der dritten Stunde herausfordernd für die Lernenden war. Die Elektroden könnten mit Symbolen, farbigen Markierungen oder Zahlen versehen werden. Insbesondere Zahlen könnten die Lernenden, wenn ihnen die Zahlenabfolge geläufig ist, dabei unterstützen, die Elektroden in der richtigen Reihenfolge auszutauschen. Für die anderen Lernenden stellen Ziffern Symbole dar, sodass sie das Symbol auf dem Foto im eBook mit dem auf der realen Elektrode abgleichen können. Wenn lediglich die Elektroden markiert werden, die variiert werden sollen, stellt dies zusätzlich eine Hilfe dar, die abhängige Variable zu identifizieren, d.h. die Elektrode, die in der Schale verbleibt.

Tab. 26: Backlog nach dem zweiten Mesozyklus – eigene Darstellung

| Zusammenfassung der Erkenntnisse                                   |   | Veränderungen für einen weiteren Mesozyklus |
|--|---|---|
| <b>What works?</b><br>(Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung) |   |   |
| +  | zusätzliche eBook-Variante mit sequenzierten Handlungsschritten (einer pro Seite) | keine                                       |
| +  | ausschließlich das jeweils aktuelle eBook in der App <i>Bücher</i> hinterlegen    | keine                                       |
| +  | Korrespondenz zwischen Foto und Realobjekt  | keine                                       |
| +  | Geführter Zugriff   | keine                                       |
| +  | Zeilenabstand (1,2)   | keine                                       |
| 0  | Schriftart und -größe, Satzbau etc.   | keine                                       |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>What does not work?</b><br>(Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung) |  |  |
| –  | nach Nutzung der interaktiven Hilfestellung nicht weiter im Anhang blättern und somit ohne Kochbuchanleitung arbeiten  | Pop-Ups z.B. für: <ul style="list-style-type: none"> <li>• gestufte Hilfen</li> <li>• Zusatzinformationen</li> </ul>   |
| <b>What does not work?</b><br>(Material)                                   |  |  |
| –  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• jeweilige Elektroden (Material) eindeutig identifizieren</li> <li>• abhängige und unabhängige Variabel unterscheiden</li> </ul> | Elektroden mit Symbolen oder Zahlen kennzeichnen<br>→ Fotos im eBook anpassen<br>→ Versuchsskizzen auf dem Arbeitsblatt  |
| –  | Handhabung einiger Materialien und Versuchsschritte  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• zentrale Handlungsschritte als einzige Arbeitsanweisung auf einer eBook-Seite</li> <li>• kurze (Erklär-)Videos</li> </ul> |
| –  | Versuche werden i.d.R. qualitativ ausgewertet  | abgefilmten Referenzversuch integrieren, für halbquantitative Auswertungen   |

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass die Lernenden bestimmte Handlungsschritte, wie das Wegschütten des Elektrolyt, das Abspülen der Platten und Elektroden teilweise nicht selbstständig ausgeführt haben. Außerdem hatten sie in bestimmten Situationen Schwierigkeiten, das Material richtig zu handhaben. Bei den Versuchen der Reihe *Wir bauen eine Batterie* haben sich u.a. die Krokodilklemmen, deren Verbindung mit den Laborschnüren und/oder das Ankleben als herausfordernd für sie erwiesen. Um die noch vorhandenen Barrieren abzubauen, sollten in allen eBook-Varianten zentrale und komplexe Handlungsschritte als einzige Arbeitsanweisung auf einer separaten eBook-Seite dargestellt werden (s. Tab. 26). Darüber hinaus sollte die sprachliche Instruktion nicht durch ein Foto, sondern in Form eines Videos unterstützt werden. Bei Bedarf könnten diese Videos nicht nur den jeweiligen Handlungsschritt demonstrieren, sondern zusätzlich explizit erklären, wie dieser ausgeführt werden soll. In diesen (Erklär-)Videos könnten die Handlungen segmentiert sein, d.h. in einzelne Schritte untergliedert, die jeweils in einem separaten Video dargestellt werden. Dadurch wären die Videos recht kurz. Die Lernenden müssten sich weniger Handlungsabfolgen merken oder nicht immer im Video zu einer bestimmten Stelle zurückspulen.

Die internen Verlinkungen haben sich für manche Lernende als Herausforderungen dargestellt,

da sie nicht einer vertrauten linearen Struktur entsprechen. Nach der Nutzung der interaktiven Hilfestellung haben viele nicht wieder zurück navigiert, sondern im Anhang weitergeblättert und somit den Versuch wieder mithilfe einer Kochbuchanleitung aufgebaut und/oder durchgeführt. In einem re-designten eBook könnten stattdessen gestufte Hilfen und Zusatzinformationen in Form von Pop-Ups umgesetzt werden (s. Tab. 26). Diese würden sich analog zu Fotos oder Videos im Volbildmodus öffnen und schließen lassen. Da die Lernenden bei den Fotos und Videos problemlos zurecht gekommen sind, liegt die Vermutung nahe, dass Pop-Ups keine Herausforderung oder Barriere darstellen, sondern als Bereicherung fungieren können. Um die Lernenden bei (der Anbahnung) einer halbquantitativen Auswertung ihrer Versuchsergebnisse zu unterstützen, könnte ein Parallelversuch als Referenz hinzugezogen werden (Girwidz, 2015a, S. 235). Dieser bietet ideale Vergleichsmöglichkeiten, indem die Lernenden z.B. einordnen sollen, ob sich ihr Motor schneller, langsamer oder ähnlich schnell wie der Referenzmotor dreht. Das Ergebnis dieses Parallelversuchs könnte als Video im eBook hinterlegt werden.

## III Abschnitt: Evaluierung der Intervention

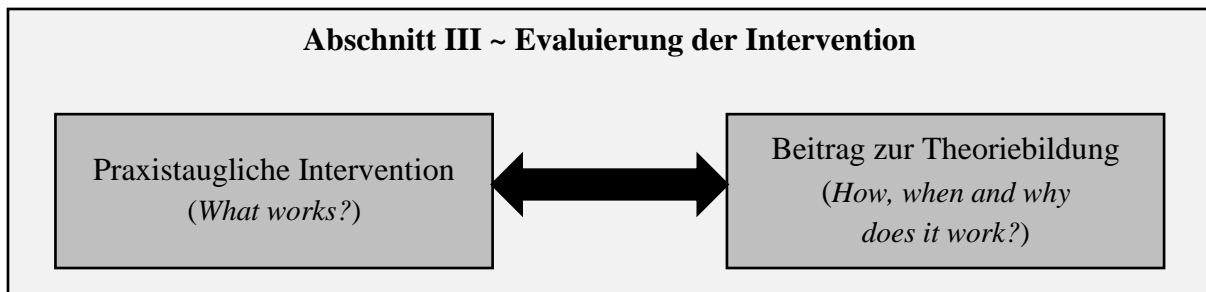


Abb. 6: Ablauf von DBR ~ dritter Abschnitt – eigene Darstellung

## 13 Methodendiskussion

Im Folgenden wird zunächst das forschungsmethodische Vorgehen kritisch-konstruktiv reflektiert, anschließend werden die gewählte Stichprobe, die genutzten Erhebung(-sinstrumente) und die angewendeten Analyse(-verfahren) erörtert. In beiden Unterkapiteln werden mögliche Alternativen aufgezeigt, falls die durchgeführte Forschungsarbeit repliziert wird.

### 13.1 Forschungsmethodisches Vorgehen

Im Sinne des DBR-Ansatzes sind in dieser Arbeit mittels iterativer Zyklen Gestaltungsprinzipien von eBooks (weiter-)entwickelt worden, um die Teilhabe für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung im experimentellen Physikunterricht zu optimieren. Bei diesem forschungsmethodischen Vorgehen ist es üblich, dass Veränderungen zwischen zwei Mikro- und/oder Mesozyklen vorgenommen werden. Dadurch können die Variablen jedoch nicht gut kontrolliert werden (Plomp, 2007, S. 31), was auch für diese Arbeit zutrifft. Infolgedessen ist eine Ursache-Wirkungsbeschreibung nur bedingt möglich (Kolbeck, 2019, S. 62; Rohrbach-Lochner, 2019, S. 23). Das bedeutet: Die Veränderungen, die innerhalb eines Mesozyklus und zwischen beiden festgestellt wurden, sind nicht eindeutig auf die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung zurückzuführen. Um die Veränderungen eindeutiger auf die Intervention zurückzuführen, könnte z.B. eine experimentelle Interventions- und Kontrollgruppen-Untersuchung durchgeführt werden (Jain & Spieß, 2012, S. 219 ff.). Es wurde bewusst nicht ein Interventions- und Kontrollgruppen-Design gewählt, da bei diesem die Vergleichbarkeit der Lernenden, insbesondere im Bildungsgang Geistige Entwicklung, hinterfragt werden muss. Wocken (2013) betont: „Kinder, die einzigartig und einmalig sind, kann man nicht miteinander vergleichen“ (S. 130). Außerdem zeichnet sich der DBR-Ansatz im Gegensatz zu Interventions- und Kontrollgruppen-Untersuchungen dadurch aus, dass die Intervention flexibel während der Durchführung an die Erfordernisse der Praxis angepasst werden kann. Die hat sich als gewinnbringend für diese Arbeit erwiesen, sodass bei einer Replikation der DBR-Ansatz favorisiert wird. Neben den vorgenommenen Veränderungen zwischen den Zyklen wirken sich z.B. die spezifischen Unterrichtsstile der Lehrkräfte, individuelle Präferenzen, differente Überzeugungen und spontane, situationsbedingte Entscheidungen auf den Ablauf und somit die Implementierungsgüte aus (Reicher & Matischek-Jauk, 2018, S. 259). Dies trifft auch für diese Arbeit zu, da zum einen in jedem Mesozyklus die jeweiligen Lehrkräfte und integrationshelfenden Personen im Unterricht anwesend waren. Zum anderen haben unterschiedliche Lernende teilgenommen, die

nur bedingt miteinander verglichen werden können und individuelle Unterstützung und Begleitung benötigten. Um diese Störfaktoren der internen Validität möglichst gering zu halten, war einerseits die forschende Person an der Durchführung der Intervention beteiligt. Andererseits wurden alle anderen pädagogischen Personen vorab instruiert (Jain & Spieß, 2012, S. 215). Sie konnten die Instruktionen im Rahmen von anderen Unterrichtsstunden praktisch erproben, was sich als effektiv erwiesen hat.

Nach Wilhelm und Hopf (2014, S. 37) sowie Kolbeck (2019, S. 56) soll eine große Menge an Daten erhoben werden, möglichst im Sinne eines Mixed-Methods-Ansatzes, um (lokale) Theorien generieren zu können. Dieses gestaltet sich für kleine Forschungsgruppen und -projekte, wie diese Arbeit, herausfordernd und lässt sich kaum umsetzen (van den Akker, 1999, S. 10). Daher empfehlen Collins et al. (2004, S. 19), die Datenmenge, und Rott (2018, S. 95), die Auswahl der Erhebungsinstrumente und Variablen, begründet zu reduzieren. Dies wiederum hat zur Folge, dass „durch die Auswahl und Art des Einsatzes eines Erhebungsinstruments ein Ausschnitt der Realität bestimmt wird, der mit den Daten abgebildet wird, während andere Aspekte zwangsläufig ausgeblendet werden“ (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 21). Nichtsdestotrotz war die Konzentration auf bestimmte Aspekte zielführend. Diese konnten so gezielt in Bezug auf ihre Funktionalität bei allen Lernenden und in jeder Unterrichtsstunde untersucht werden. Dadurch sind die vorliegenden Ergebnisse zustande gekommen (s. 11.5, 11.6, 12.4 & 12.5). Neben der Datenreduktion spielte die Operationalisierung zur Erfassung von Veränderungen bei diesem forschungsmethodischen Vorgehen eine zentrale Rolle. Deshalb wurde bewusst beobachtbares Verhalten ausgewählt, um die Wirkung der Intervention zu registrieren. Dieses kann nach Jain und Spieß (2012) im Gegensatz zu Einschätzungen objektiver erfasst werden und ist weniger verzerrungsanfällig (S. 215 f.). Die in den Videoaufzeichnungen ausgeblendeten Aspekte beobachtbaren Verhaltens könnten in weiteren Forschungsvorhaben unter einem anderen Fokus ausgewertet werden.

## **13.2 Stichprobe, Erhebung(-instrumente) und Analyse(-verfahren)**

Die Stichprobe wurde aufgrund von Anforderungskriterien generiert. Bei unterschiedlichen Anforderungskriterien hätten andere Lernende teilgenommen. Daher muss bedacht werden, dass gefilterte Beobachtungen entstanden und, darauf basierend, Interpretationen und *lokale Theorien* abgeleitet wurden. Bei der Einschätzung, ob die Lernenden die Anforderungskriterien erfüllen, musste insbesondere im zweiten Mesozyklus auf die Beurteilungen anderer Lehrkräfte vertraut werden. Aufgrund der Subjektivität, wie auch einer ggf. divergenten Itemauslegung, kann nicht



definitiv gesagt werden, ob alle Lehrkräfte die notwendigen Kompetenzen der Lernenden bzgl. der Anforderungskriterien identisch eingeschätzt haben. Außerdem mussten in beiden Mesozyklen Einschätzungen bestimmter Anforderungskriterien antizipiert werden, da alle Lernenden bis dato nicht mithilfe von eBooks physikalisch experimentiert hatten. Auch hier könnte es zu Ungenauigkeiten oder Fehleinschätzungen gekommen sein, sodass ggf. Lernende von der Stichprobe ausgeschlossen wurden. Bei einer direkten oder systematischen Replikation der Forschung ist es sicherlich förderlich, die Anforderungskriterien schriftlich und dimensional zu beschreiben sowie die Lehrkräfte in die Items genauer einzuweisen, z.B. mithilfe von Ankerbeispielen. Dadurch könnte eine divergente Itemauslegung und Einschätzung der Kompetenzen minimiert werden.

Die Stichprobe war relativ klein, wie es bei einer qualitativen Forschung üblich ist. Dadurch ist es zwar möglich, diese detaillierter zu beobachten und stichhaltiger Schlussfolgerungen in Form von *lokalen Theorien* abzuleiten. Transfers sowohl auf andere Unterrichtsthemen als auch auf alle Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung sind quasi unmöglich. Um die *lokalen Theorien* zu prüfen und auszudifferenzieren, d.h. (a-)typische, kontextsensitive und -übergreifende Aspekte zu identifizieren, ist es einerseits notwendig, die Intervention im Rahmen direkter Replikationen mit weiteren Probanden durchzuführen (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 109), andererseits müssen die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung beim physikalischen Experimentieren zu anderen Inhalten untersucht werden. Dies wird als systematische Replikation bezeichnet (Jain & Spieß, 2012, S. 237). Erst basierend auf einem Variantenspektrum können fundierte Aussagen getroffen und *lokale Theorien* generalisiert werden (Herrle & Dinkelaker, 2016, S. 119).

Es ist schwierig, alle Unterrichtsaktionen zu erfassen. Daher wurde die Videoaufzeichnung gewählt, um die Unterrichtsstunden umfassender zu dokumentieren, mehrfach anzuschauen und auswerten zu können. Gleichzeitig erhöhte sich dadurch die Objektivität der Datenerfassung (Jain & Spieß, 2012, S. 217). Diese wurde u.a. überprüft, indem die niedrig-inferente Codierung durch zwei unabhängige Personen erfolgte. Dabei war es wichtig, dass die Codierenden ein Manual zur Verfügung hatten, damit die Datenerfassung möglichst reliabel ist, d.h., die Fehler bei diesem Prozess möglichst gering sind (Jain & Spieß, 2012, S. 217). Dieses Manual wurde im Rahmen einer Probecodierung von den Codierenden und der forschenden Person angepasst. Durch die Beteiligung konnten die Codierenden das Manual optimal anwenden. Diese Herangehensweise muss sowohl bei einer direkt als auch bei einer systematischen Replikation beibehalten werden. Einschränkend zu betonen ist, dass auch mittels Videografie niemals alles

erfasst werden kann. Es werden bestimmte Aspekte, also Ausschnitte der Realität, aufgezeichnet, basierend auf den Kamera- bzw. Mikrofoneinstellungen sowie -positionen. Videoaufzeichnungen sind begrenzte und zeitgebundene Einblicke, die nicht zwangsläufig charakteristisch sind (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 11). Darüber hinaus müssen Kameraeffekte bedacht werden, auch wenn diese laut Petko et al. (2003) nach einer Weile quasi nicht mehr auftreten (S. 270). Nichtsdestotrotz können sich Lernende anders verhalten, weil sie videografiert werden und an einer wissenschaftlichen Forschung teilnehmen. Dies wird als sogenannter Hawthorne-Effekt bezeichnet (Döring & Bortz, 2015b, S. 250). Auch die neue, unbekanntere Unterrichtssituation, die durch die Arbeitsweise des physikalischen Experimentierens und den Einsatz des eBook geschaffen wurde, kann bei den Lernenden Unsicherheiten, sogar Ängste hervorrufen. Dies wiederum kann Einfluss auf deren Verhalten und den Lernprozess haben (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 103). Um die ggf. dadurch aufgetretenen atypischen oder tagesformspezifischen Verhaltensweisen zu minimieren, wurden die eBooks beim physikalischen Experimentieren im Bildungsgang Geistige Entwicklung über einen Zeitraum von fünf Doppelstunden eingesetzt. Diese haben einmal pro Woche stattgefunden. Darüber hinaus fand nach jeder Einheit ein Feedbackgespräch mit den beteiligten Lehrkräften statt, um zu eruieren, ob sich Lernende anders verhalten haben.

Es wurde darauf geachtet, dass die Lernenden zwischen den Interventionseinheiten nicht experimentiert oder mit eBooks gearbeitet haben, um einen Übungs- oder Gewöhnungseffekt möglichst auszuschließen bzw. gering zu halten (Jain & Spieß, 2012, S. 217). Außerdem wurde bewusst die Häufigkeit von Verhalten (kontinuierliche Skala) und nicht das bloße Auftreten (dichotome Erfassung) registriert. Durch diese Änderungssensitivität konnten Veränderungen besser abgebildet und somit Rückschlüsse auf die Funktionalität der Intervention gezogen werden. Daher sollten bei einer Replikation sowohl mehrere Einheiten stattfinden, um sowohl Schwankungen im Verhalten auszumitteln als auch das Verhalten mittels einer kontinuierlichen oder mehrstufigen Skala zu erfassen.

Bei der Durchführung der Intervention war die forschende Person aktiv beteiligt, um Programmabweichungen weitestgehend zu vermeiden. Dabei ist zu beachten, dass das Forschungsfeld, z.B. durch die individuelle Persönlichkeit, beeinflusst wurde. Die Lernenden hätten sich ggf. anders verhalten, wenn die forschende Person nicht anwesend gewesen wäre. Dies sollte bei der Interpretation der Beobachtungen und Schlussfolgerungen berücksichtigt werden (s. 10.4.3.7 & 11.8). Um einem potenziellen Interessenkonflikt entgegenzuwirken, der durch die Doppelrolle der forschenden Person entstehen könnte, und die Qualität der Ergebnisse zu

gewährleisten, wurden verschiedene Maßnahmen in Anlehnung an Plomp (2007) ergriffen (S. 30 f.). So wurden die Beobachtungen, Interpretationen etc. einmal pro Semester im Rahmen eines Forschungskolloquiums mit anderen forschenden Personen, die nicht am Projekt beteiligt waren, professionell und kritisch-konstruktiv diskutiert. Dazwischen haben Feedbackrunden in kleineren Kreisen stattgefunden, um das Kategoriensystem, die Codevergabe und die Interpretationen der Ergebnisse zu erörtern. Durch diese „peer debriefing[s]“ (Kuckartz, 2018, S. 218) konnten einerseits blinde Flecke und bislang nicht beachtete Aspekte berücksichtigt, andererseits die Konstruktvalidität geprüft werden. Darüber hinaus wurden die Entwicklung, der Implementierungsprozess, die Analyse, die Reflexion der Durchführung und die geschlussfolgerten Erkenntnisse systematisch dokumentiert.

Die Rückmeldungen der Lehrkräfte und integrationshelfenden Personen nach jedem Mikrozyklus wurden nicht mitgeschnitten, sondern in Form von Notizen festgehalten oder teilweise aus dem Gedächtnis protokolliert. Dadurch können Verzerrungen entstanden oder Aspekte untergegangen sein, was wiederum Einfluss auf das Re-Design der Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung gehabt haben könnte. Bei einer direkten oder systematischen Replikation würden deshalb die Rückmeldungen der Lehrkräfte z.B. schriftlich mit konkreten Reflexionsfragen und/oder in Form von kurzen Leitfrageninterviews festgehalten. Die Leitfrageninterviews sollten auditiv aufgezeichnet werden, da sie so umfassender dokumentiert und bei der Auswertung mehrfach angeschaut werden können.

Da es nicht möglich ist, alle im Video aufgezeichneten Informationen zu transkribieren und somit abzubilden, musste die transkribierende Person ihre Aufmerksamkeit fokussieren und die im Video enthaltenen Informationen, abgestimmt auf die spätere Analyse, reduzieren (Waldis et al., 2007, S. 169, Dinkelaker, 2014, S. 69). Wichtig war, keine Informationen, die für die Analyse relevant sind, systematisch auszublenden und somit nicht zu transkribieren (Petko et al., 2003, S. 271 f.). Trotzdem sind die vorliegenden Transkripte selektiv und haben ggf. einige Mimik, Gesten, Gebärden oder leise gesprochene Wörter nicht erfasst. Es mag blinde Flecken geben. Hinzu kommt, dass einzelne Wörter oder Sätze aufgrund von Umgebungsgeräuschen nicht verständlich waren und nonverbale Notationssysteme schwieriger zu lesen und zu interpretieren sind (Hecht, 2016, S. 296). Zusätzlich haben einige Lernende gebärdenunterstützend kommuniziert, sodass diese identifiziert werden mussten. Manchmal, insbesondere bei körpereigenen Gebärden, war es nicht einfach, diese von Gestiken und/oder stereotypen Bewegungen zu unterscheiden.

Neben verbalen und nonverbalen Äußerungen haben die Lernenden (und Lehrkräfte) mit den Versuchsmaterialien agiert. Bei der Beschreibung und Interpretation dieser Handlungen kann

es ebenfalls zu Verzerrungen des Wahrgenommenen und damit zu Fehlerquellen kommen (Mayring, 2015, S. 128). Die Informationen werden im Gehirn nämlich, basierend auf subjektiven Selektionen und Bewertungen sowie bereits vorhandenem Wissen, verarbeitet. Daher ist es wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass die Beobachtungen und Interpretationen immer von persönlichen Sichtweisen, Wertvorstellungen und Erwartungen beeinflusst werden und daher nur verzerrt abbilden, wer die Lernenden wirklich sind und was sie können. (Terfloth & Bauersfeld, 2015, S. 103). Hinzu kommt, dass jeweils fünf Doppelstunden videografiert wurden und somit nur einzelne Segmente vorliegen. Daher sollten die Beschreibungen der Lernenden kritisch hinterfragt werden, um Schubladendenken zu vermeiden. Das Gleiche gilt für die Schlussfolgerungen, die nicht ohne weiteres verallgemeinert oder auf andere Kontexte übertragen werden können (s. 15.1).

Auch bei der Analyse der transkribierten Videoaufzeichnungen stellt jeder Schritt eine mögliche Fehlerquelle dar. So ist das Aufstellen von Kategorien und das Entwickeln eines Kategoriensystems ein konstruktiver Akt (Kuckartz, 2018, S. 84). Es ist zu beachten, dass die Kategorien nicht empirisch validiert und ggf. nicht trennscharf genug sind. Darüber hinaus sind die Diversität der Lernenden und deren individuelle Lernvoraussetzungen herausfordernd für die Entwicklung standardisierter Kategorien.

Das Codieren der Transkripte ist mit dem Risiko verbunden, verschiedene Beobachtungen zu vereinheitlichen, zu verallgemeinern und zu verzerren (Mayring, 2015, S. 106). Des Weiteren ist zu bedenken, dass das entwickelte Kategoriensystem nicht universell einsetzbar ist, da bestimmte Kategorien, insbesondere die physikdidaktischen, aufgrund ihrer Spezifität ausschließlich für diese Unterrichtsreihe anwendbar ist. Daher kann das Kategoriensystem nur übertragen werden, wenn die Kategorien z.B. entsprechend des Unterrichtsthemas und dessen didaktischer Umsetzung angepasst und modifiziert werden (Appel & Rauin, 2016, S. 141 f.).

Für das Messen des individuellen Teilhabeerlebens der Lernenden am physikalischen Experimentieren gibt es keine Blaupause. Es kann aber durch (non-)verbal geäußerte Erfolgs- und Frustrationsreaktionen sowie eigeninitiiertes Handeln implizit beobachtet, videografiert, kategorisiert, analysiert und interpretiert werden. Die Interpretationen können durch Befragungen der Lernenden zu ihrem individuellen, subjektiv empfundenen Teilhabeerleben ergänzt werden (Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 16), denn die Perspektive der Lernenden sollte in zukünftigen Untersuchungen stärker explizit berücksichtigt werden.

## 14 Limitationen

Die Erkenntnisse dieser qualitativen Forschungsarbeit erheben keinen Anspruch auf eine Generalisierung. Daher werden im Folgenden begründet einige Limitationen dargestellt.

Bei den Erkenntnissen bzgl. der Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung handelt es sich um sogenannte *lokale Theorien* (Prediger & Link, 2012, S. 39, s. 2.5.3). Diese gelten nur für das konzipierte eBook und dessen beschriebenen didaktischen und methodischen Einsatz beim physikalischen Experimentieren. Des Weiteren sind die *lokalen Theorien* basierend auf den Erfahrungen mit den teilgenommenen Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung entstanden. Dementsprechend können daraus keine validen und empirisch abgesicherten, generalisierten Schlussfolgerungen für das physikalische Experimentieren im Bildungsgang Geistige Entwicklung gezogen werden. Dies wird einerseits der Vielfalt dieser Arbeitsmethode und andererseits der Heterogenität der Lernenden nicht gerecht. Nichtsdestotrotz bilden die Erkenntnisse ein solides Gerüst, das abhängig von den jeweiligen Lernenden, dem Unterrichtsthema, der methodischen und didaktischen Umsetzung standortspezifisch verändert werden muss. Das bedeutet auch, dass eine allgemeine Übertragbarkeit für diesen Bildungsgang im Gemeinsamen Lernen nicht gewährleistet werden kann. Aufgrund der merkmalspezifischen Stichprobe lassen sich die Erkenntnisse bzgl. der Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung nicht zwangsläufig auf andere Diversitätsdimensionen übertragen. Es sind aber durchaus tragfähige *lokale Theorien* entstanden, aus denen sich stabile Transfermöglichkeiten ableiten lassen (s. 2.5.3). Diese können, basierend auf weiteren wissenschaftlichen Evaluationen, generalisiert werden. Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass die Lernenden zwar physikalisch experimentiert sowie Versuchsergebnisse beobachtet und notiert haben, was jedoch nicht bedeutet, dass sie ein Fachverständnis der physikalischen Phänomene entwickelt haben. Auch beim physikalischen Experimentieren hatten die Lernenden aufgrund der vorgegebenen Fragestellung, der Kochbuchanleitungen und der vorstrukturierten Arbeitsblätter wenig Gelegenheit, sich eigeninitiativ einzubringen. Dies wäre erstrebenswert, weil dadurch die Lernenden, im Sinne des Forschenden Lernens (s. 5.4.5), in mehr Phasen des Experimentierens selbstständig agieren und ihre Teilhabemöglichkeiten erweitern würden. Dann müssten das eBook und die Arbeitsblätter anders designed werden (s. 15.2), damit die Erkenntnisse zur Umsetzung der Gestaltungsprinzipien nicht nur für das Level *Guided* gelten.

## 15 Fazit und Implikationen zentraler Erkenntnisse

Die in dieser Arbeit entstandenen Erkenntnisse stellen aufgrund der interdisziplinären Verknüpfung von Physikdidaktik mit der Pädagogik und Didaktik der kognitiven Beeinträchtigung ein großes Potenzial für den bislang nur marginal empirisch untersuchten Physikunterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung dar. Bislang sind sie als *lokale Theorien* zu verstehen und bieten im Sinne des DBR einerseits Anknüpfungspunkte für praxistaugliche Interventionen im physikalischen Experimentieren an Schulen mit dem Förderbedarf Geistige Entwicklung sowie im Gemeinsamen Lernen. Andererseits liefern die *lokalen Theorien* einen Beitrag zur wissenschaftlichen Theoriebildung.

In diesem Kapitel werden zunächst die *lokalen Theorien* vorgestellt, d.h. die Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Unterrichtsmaterialien im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren. Anschließend werden sowohl Transfermöglichkeiten für die Umsetzung im Gemeinsamen Lernen beschrieben als auch Ansatzpunkte für weitere Forschungen. Abschließend werden die Implikationen zusammengefasst.

### 15.1 Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Unterrichtsmaterialien im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren

Ziel dieser Arbeit ist die (Weiter-)Entwicklung und Umsetzung von Gestaltungsprinzipien, um die Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren zu optimieren. Dafür wurde die Umsetzungs- und Einsatzebene der Gestaltungsprinzipien untersucht. Diese steht in Wechselwirkung mit den individuellen Voraussetzungen der Lernenden, den Gegenständen und den Versuchsmaterialien für das physikalische Experimentieren. Es wurde untersucht, welche Bedingungen Barrieren reduzieren und somit Teilhabe optimieren.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen können Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Unterrichtsmaterialien im Bildungsgang Geistige Entwicklung gezogen werden. Zwar sind diese aufgrund des forschungsmethodischen Vorgehens *lokale Theorien* (Prediger & Link, 2012, S. 39, s. 2.5.3) und zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu verallgemeinern, dennoch wurden wichtige Grundlagen für eine zukünftige Generalisierung erarbeitet. Festzuhalten sind folgende Forschungserkenntnisse:

- Aufgrund der Heterogenität der Lernenden ist eine personelle Begleitung und Unterstützung (🧩) beim physikalischen Experimentieren essenziell.
- Für ein selbstständiges physikalisches Experimentieren hat sich die Bedienbarkeit (🧩) der Versuchsmaterialien und eBooks als besonders relevant erwiesen, damit auch Lernende, für die (fein-)motorische Handlungen eine Herausforderung oder sogar eine Barriere darstellen, möglichst eigenständig teilhaben können.
- Es ist wichtig, dass jede lernende Person die Versuchsanleitung vorliegen hat. Dadurch können sie sich jederzeit über den nächsten Handlungsschritt informieren. Außerdem ist es förderlich, dass jede Person die physikalischen Experimente in Einzelarbeit durchführt. Durch diese Sozialform musste jede lernende Person eigenständig agieren und sich die Handlungsschritte selbstständig aus dem eBook erschließen. Dies führte dazu, dass sie am physikalischen Experimentieren teilgenommen haben.
- Fotos und/oder Videos als Textunterstützung (🧩) haben sich als elementar herausgestellt, auch für diejenigen, die im engeren Sinne lesen können. Durch diese multimediale Repräsentation der Informationen (🧩) können die Lernenden bei der Decodierung das Passende wählen bzw. zwischen verschiedenen Optionen problemlos (hin- und her-)wechseln. Dafür muss das Prinzip der Kontiguität (🧩) beachtet werden, d.h. die gleichzeitige und räumlich nahe Präsentation von Text und Unterstützungsmaßnahmen.
- Als Textunterstützung haben sich darüber hinaus folgende Gestaltungsprinzipien bewährt: die Signalisierung, also die Kennzeichnung wesentlicher Informationen (🧩), sowie die Verwendung einer vereinfachten Sprache (🧩), die u.a. unnötige und unbekannte Fachbegriffe vermeidet. Dies sollte zusätzlich unterstützt werden, indem die Lernenden zum Experimentieren vertraute Materialien und Gegenstände (🧩) aus ihrem Alltag oder aus vorherigen Stunden verwenden.
- Die physikalischen Experimente sollten mit authentischen Aufgaben (🧩) verbunden sein. Versuche, bei denen die Lernenden etwas Neues und Spannendes entdecken können, wie bei originalen und Primärbegegnungen mit physikalischen Phänomenen (🧩), eignen sich besonders.
- Die Ergebnisse sollten wiederholbar und eindeutig (🧩), multisensorisch wahrnehmbar (🧩) sowie direkt und ohne Verzögerung perceptibel sein.

- Die Lernenden sollten in ihrem individuellen Lerntempo arbeiten (🧩) und unterschiedlich viele Versuchsbedingungen experimentell untersuchen können. Wichtig ist, dass sich alle bei der Versuchsbesprechung beteiligen können. Beachtet werden sollte z.B., dass diejenigen, die weniger geschafft haben, ihre Ergebnisse zuerst präsentieren.
- Die Segmentierung (🧩) ist nicht nur in Bezug auf eine orientierende Strukturierung hilfreich, sondern auch hinsichtlich einer individuellen Differenzierung, und zwar in Form einer weiteren eBook-Variante mit nur einem Handlungsschritt pro Seite.
- Im Sinne des Kohärenz-Prinzips (🧩) ist es relevant, dass nur die für die jeweilige Stunde relevanten eBooks verfügbar und der Geführte Zugriff aktiviert werden. Für eine optimierte Teilhabe am physikalischen Experimentieren und Lernen werden weitere Apps und Programme nicht benötigt.

Mithilfe dieser Forschungserkenntnisse können Unterrichtsmaterialien so designed werden, dass sie barrierefreier sind und die Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren optimiert wird.

## 15.2 Transfermöglichkeiten für die Umsetzung im gemeinsamen Lernen

Da sich die Anforderungen an barrierefreie Unterrichtsmaterialien je nach Diversitätsdimension erheblich voneinander unterscheiden, sollte die konkrete Umsetzung von Gestaltungsprinzipien zunächst immer erst diversitätsspezifisch abbildet werden (Schanze & Girwidz, 2018, S. 183). Trotzdem werden, ausgehend von den gewonnenen Erkenntnissen, im folgenden Kapitel Ansatzpunkte für den Unterricht im Gemeinsamen Lernen abgeleitet, deren Funktionalität noch empirisch untersucht und sich praktisch bewähren muss.

- Neben dem Erwerb grundlegender Kompetenzen für den (experimentellen) Physikunterricht können die Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung in einem eBook dazu beitragen, dass sich die Lernenden die für eine naturwissenschaftliche Grundbildung zentralen Kompetenzen längerfristig aneignen. Gleichzeitig stellt dies Teilhabeoptimierungsmöglichkeiten für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren im Gemeinsamen Lernen dar.
- Die Tatsache, dass alle Lernenden mithilfe der eBooks selbstständig, ohne permanente Unterstützung der Lehrkräfte, die physikalischen Versuche aufbauen und die Ergebnisse wahrnehmen sowie protokollieren konnten, legt begründet die Vermutung nahe,



dass das eBook beim physikalischen Experimentieren im Gemeinsamen Lernen erfolgreich als Differenzierungsmaßnahme für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung eingesetzt und Barrieren damit abgebaut werden können.

- Mithilfe des eBook kann das selbstständige und naturwissenschaftliche Arbeiten von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung initiiert, gefördert und optimiert werden, sodass sie ihre experimentellen Fähigkeiten (weiter-)entwickeln können.
- Ein eBook kann im Gemeinsamen Lernen Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung unterstützen, zentrale Fachbegriffe und/oder relevante Versuchsmaterialien kennen zu lernen und einzusetzen.
- Die verschiedenen medialen Zugänge im eBook sind wirksam für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung. Gleichzeitig entsprechen sie dem 1. UDL-Prinzip, das förderlich für alle Lernende ist (s. 6.2). Darüber hinaus zeigen Studien, dass die Maßnahmen, die sich für Lernende mit sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf als geeignet und effizient erweisen, auch für alle anderen Lernenden wirksam sind (Meijer, 2010, Abschnitt 4). Dies gibt begründeten Anlass für die These, dass die entwickelten Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung die Teilhabe beim physikalischen Experimentieren auch für andere Diversitätsdimension bzw. für alle Lernenden optimieren.
- Aufgrund der sprachlich sensiblen Gestaltung und der geringen Informationsdichte der eBooks gibt es z.B. vielfältige Anknüpfungspunkte für einen sprachsensiblen Physikunterricht, der insbesondere Lernende berücksichtigt, deren Erstsprache nicht Deutsch ist, die aus einem bildungsferneren Umfeld kommen und/oder im Bildungsgang Lernen beschult werden.
- Der schwarze Hintergrund und die gelbe Schrift der eBooks erleichtert Lernenden mit einer Sehbeeinträchtigung die Lesbarkeit. Diese wird zusätzlich durch die Möglichkeit unterstützt, sich den Text vorlesen zu lassen.
- Das schlichte Design der eBooks reduziert die Ablenkungsmöglichkeiten. Es wurden kaum Codes dafür vergeben, dass die Lernenden sich nicht sinnstiftend mit dem eBook auseinandergesetzt haben oder dass sie ihren Aufmerksamkeitsfokus auf unwichtige Details legten. Darüber hinaus hatte keine lernende Person mit einer diagnostizierten Autismus-Spektrums-Störung z.B. das Bedürfnis auf eine Reizreduktion.
- In Kombination mit der klaren orientierenden Strukturierung, der flexiblen Bearbeitungszeit und den individuellen Handlungsausführungen bietet sich das eBook auch für Lernende im Autismus-Spektrum und für Lernende mit emotionalen und/oder sozialen Schwierigkeiten an.

- Außerdem könnten die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung in Form von Nachteilsausgleichen eingesetzt werden, indem die Arbeitsanweisungen u.a. mithilfe multipler medialer Zugänge barrierefreier konzipiert werden.

Bei den Transfermöglichkeiten der im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Erkenntnisse muss berücksichtigt werden, dass die Umsetzung der entwickelten Gestaltungsprinzipien nicht ungeprüft generalisiert werden kann. Da Individualisierung und Differenzierung elementare Charakteristika des Gemeinsamen Lernens sind (Schwab et al., 2019, S. 95), muss sie in der Praxis überprüft und bei Bedarf weiterentwickelt bzw. adaptiert werden. Dabei muss z.B. berücksichtigt und überprüft werden, welche Fachbegriffe und Piktogramme den Lernenden vertraut sind und übernommen werden können bzw. ausgetauscht werden müssen. Das Layout der eBooks müsste für Lernende mit Sehbeeinträchtigungen oder Farbfehlsichtigkeiten ggf. in Bezug auf Schriftgröße oder Farbgebung zusätzlich an deren individuelle Bedürfnisse angepasst werden. Die Arbeitsblätter müssten ebenfalls für einige digital oder in Brailleschrift vorliegen. Lernende in anderen Bildungsgängen benötigen evtl. keine Versuchsanleitung auf dem Level *structured* oder *guided inquiry*. Diese müssten dann für das Level *open inquiry* adaptiert werden.

### 15.3 Ansatzpunkte für weitere Forschung

In dieser Arbeit sind wesentliche Erkenntnisse im Hinblick auf Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung entstanden. Dadurch kann die Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung beim physikalischen Experimentieren optimiert werden. Dies stellt erst einen Anfang dar. Zusätzliche Studien sind notwendig.

Neben weiteren Mesozyklen (s. 12.9) sind andere Forschungsvorhaben erwägenswert. Denkbare Ansatzpunkte werden im Folgenden dargestellt:

Es ist erstrebenswert, die in dieser Arbeit aufgestellten *lokalen Theorien* einerseits bzgl. ihrer Beständigkeit zu überprüfen, andererseits sie in ähnlichen und anderen Kontexten zu befor-schen, um sie erweitern und generalisieren zu können. Das bedeutet, dass die entwickelten Gestaltungsprinzipien bzw. deren konkrete Umsetzung in weiterführenden Arbeiten bei anderen physikalischen Experimenten bzw. anderen Unterrichtsthemen angewendet und überprüft werden. Außerdem ist elementar, dass verschiedene Stufen des Forschenden Lernens (Levels of Inquiry) berücksichtigt werden.

Aufgrund der Anforderungskriterien an die Stichprobe und die dadurch basierende Auswahl der Lernenden können die Erkenntnisse nur für diese bzw. Lernende gelten, die ebenfalls die Anforderungskriterien erfüllen. Für eine Generalisierung ist es nötig, diese Intervention oder

eine vergleichbare mit Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung durchzuführen, die die Anforderungskriterien teilweise oder gar nicht erfüllen. Dadurch können die Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung ausgeschärft und konkretisiert werden. Dafür kommen sowohl Lernende an Förderschulen als auch im Gemeinsamen Lernen infrage. Ebenso denkbar ist der Einsatz bei Lernenden mit anderen Diversitätsdimensionen und in anderen naturwissenschaftlichen Fächern, ggf. sogar in allen Fächern.

Im Hinblick auf die Herausforderungen in Bezug auf Teilhabe sind Gestaltungsprinzipien alleine nicht ausreichend, um für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung den Physikunterricht zu optimieren. Daher sollte in weiteren Forschungsvorhaben untersucht werden, wie Herausforderungen und Barrieren der Versuchsmaterialien reduziert bzw. eliminiert werden können. Des Weiteren sollte erforscht werden, wie Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung physikalisches Fachwissen verständlich vermittelt werden kann.

Da in der vorliegenden Arbeit die Perspektive der Lernenden nicht explizit erfasst wurde, wäre dies, z.B. in Form einer Befragung, als weitere Forschungsmöglichkeit denkbar. So könnten die Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung zusammen mit Lernenden aus dem Bildungsgang Geistige Entwicklung, die Expertise in eigener Sache haben, weiterentwickelt werden.

Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Teilhabeoptimierung sollten in die Ausbildung aller Lehramtsstudierenden und in Fort- und Weiterbildungsangebote für Lehrkräfte obligatorisch implementiert werden. Dafür bietet es sich an, neben der Perspektive der Lernenden, die der (angehenden) Lehrkräfte zu erfassen. Basierend darauf, können Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen bedarfsgerecht entwickelt werden. Dabei können die in dieser Arbeit entstandenen sowie andere, von Lehrkräften aufgenommene, Videoaufzeichnungen gemeinsam analysiert werden. Videoaufzeichnungen verknüpfen Theorie und Praxis und bieten einen Ansatz für fachdidaktische Verständigungen, indem der (eigene) Unterricht reflektiert wird und neue Ansätze für die Unterrichtsgestaltung und -umsetzung entwickelt werden (Petko et al., 2003, S. 278). Diese Diagnose- und Reflexionskompetenz ist nötig, damit die Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung auf die Bedürfnisse der jeweiligen Unterrichtssituation und der Lernendengruppe abgestimmt wird. Darüber hinaus sollten die Lehrkräfte die technischen Möglichkeiten kennen und kompetent anwenden können, damit sie die Gestaltungsprinzipien und deren Umsetzung weiterentwickeln und bedarfsgerecht umsetzen können.

Bei der Entwicklung von Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen müssen auch die Fachleitungen in den Studienseminaren involviert werden, damit die Umsetzung der Inhalte sowie

deren Kompatibilität mit anderen Inhalten und die Anschlussfähigkeit zum Studium gewährleistet wird.

## 15.4 Zusammenfassung der Implikationen

Die vorliegende Arbeit ist der Frage nachgegangen: Wie kann Teilhabe von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung optimiert werden?

Forschungsgegenstand war das physikalische Experimentieren, unterstützt durch eBooks im Rahmen von DBR. Die Unterrichtserfahrungen während zweier Mesozyklen führten nach umfassender Evaluation zu einer Modifikation und (Weiter-)Entwicklung von Gestaltungsprinzipien für eBooks. Zusammenfassend können folgende zentrale Erkenntnisse konstatiert werden: Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung können definitiv am physikalischen Experimentieren teilhaben. Dafür müssen keine Sonderlösungen gefunden werden. Es bedarf allerdings einiger Modifikationen, damit im Sinne des UDL durch multiple Repräsentationsmöglichkeiten die Zugänglichkeit erhöht wird.

Wesentliche Ergebnisse der Forschungsarbeit sind: Der Fokus der Unterrichtsplanung, insbesondere die Gestaltung der eBooks, muss auf den schülerspezifischen Bedürfnissen von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung liegen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde exemplarisch eine Unterrichtsreihe konzipiert, die nachweist, dass eine Teilhabe am experimentellen Physikunterricht problemlos mit eBooks gelingen kann, wenn die Materialien bedarfsgerecht präsentiert werden.

In den durchgeführten Mesozyklen waren folgende Voraussetzungen gegeben: Die Umsetzung der Gestaltungsprinzipien in den eBooks entsprach den Bedürfnissen der beschriebenen Stichprobe, sodass die Lernenden beim physikalischen Experimentieren diese Arbeitsweise fachlich korrekt anwenden konnten. Sie haben die Versuche aufgebaut, Variablen kontrolliert, variiert, physikalische Phänomene wahrgenommen und dokumentiert. Damit sind die entwickelten Gestaltungsprinzipien bzw. deren Umsetzung geeignet, Unterrichtsmaterialien didaktisch für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung zu transformieren, sodass ihre Teilhabe am physikalischen Experimentieren optimiert und langfristig zur *Scientific Literacy* beitragen wird.

In dieser Arbeit wurde aber auch deutlich, dass für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, neben den textbasierten Arbeitsanweisungen und -blättern, die Versuchsmaterialien herausfordernd sein können. Auch die konkrete Gestaltung und Umsetzung der eBooks (keine Kochbuchanleitung), die in den Stunden am Ende der Reihe eingesetzt wurden, stellte sich als nicht trivial dar. Das liegt u.a. daran, dass die Lernenden unterschiedliche Kompetenzen vorweisen und daher verschiedene Ansprüche an das eBook haben. Einige benötigen bei vertrauten





















Handlungsschritten sehr schnell keine Kochbuchanleitung, sodass sie das eBook dafür nicht nutzten, sondern erst bei neuen Versuchsbedingungen. Dann haben sie mehrfach die Orientierung darin verloren, da sie das eBook vorher nicht genutzt hatten. Andere Lernende benötigen hingegen länger eine sehr detaillierte Versuchsanleitung. Damit ergeben sich unterschiedliche Vorstellungen und Bedarfe einer barrierearmen und zugänglichen Gestaltung von eBooks. Deshalb ist es wichtig, dass die Lernenden im Sinne Leisen (2018, S. 5) über die materiale Steuerung individuell gefördert und gefordert werden.






















Die entwickelten Gestaltungsprinzipien können nur eingesetzt, überprüft und weiterentwickelt werden, wenn ihre Funktion in Bezug auf Teilhabeoptimierung bekannt ist. Daher müssen deutlich mehr praktische Erkenntnisse über eine barrierearme Gestaltung und Umsetzung von (Physik-)Unterricht generiert werden, damit u.a. Lehrkräfte, Schulbuchverlage und Lehrmittelhersteller dies bei der Aufbereitung von Unterrichtsmaterialien berücksichtigen können. Diese hoffentlich zukünftig entstehenden Erkenntnisse müssen demnach übergreifender kommuniziert und publiziert werden. Erste nützliche Hinweise auf eine geeignete didaktische Umsetzung für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung sind in dieser Arbeit entstanden.






















Die Erkenntnisse dieser Arbeit sollen zu einer kritisch-konstruktiven Diskussion anregen. Sie können auf verschiedene Weise als Input sowohl für die Unterrichtspraxis als auch für die wissenschaftliche Forschung genutzt werden. Bisher sind *lokale Theorien* entstanden, die zukünftig durch den Einsatz in der Unterrichtspraxis und durch weitere wissenschaftliche Untersuchungen generalisiert werden müssen.

Diese Arbeit soll (angehende) Lehrkräfte und forschende Personen ermutigen, sowohl Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung als auch Lernenden mit anderen Diversitätsdimensionen vielfältige Lernwege und somit Teilhabemöglichkeiten zu spannenden und bedeutungsvollen (physikalischen) Themen zu eröffnen, um bei ihnen Verständnis, Fachwissen und Kompetenzen auf- und auszubauen.















## Abbildungsnachweise
















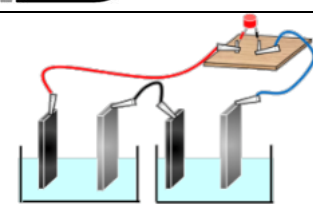

|                       |   |                                       |
|-----------------------|---|---------------------------------------|
| S. 25f.               |    | CC BY-ND 3.0<br>GetDesign             |
| S. 53                 |    | CC BY-ND 3.0<br>Fiona OM              |
| S. 60                 |    | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger |
| S. 80f., S. 171       |    | Microsoft Word                        |
| S. 83, S. 156         |    | CC BY-ND 3.0<br>ABDUL LATIF           |
| S. 83, S. 155         |    | CC BY-ND 3.0<br>Ivy Lucier            |
| S. 83, S. 155         |    | CC BY-ND 3.0<br>Magicon               |
| S. 83, S. 156         |   | CC BY-ND 3.0<br>Magicon               |
| S. 83, S. 155         |  | CC BY-ND 3.0<br>Magicon               |
| S. 83, S. 158         |  | CC BY-ND 3.0<br>Iconika               |
| S. 83, S. 158         |  | CC BY-ND 3.0<br>Arved Bünning         |
| S. 83, S. 156, S. 275 |  | CC BY-ND 3.0<br>Inipagi studio        |
| S. 83, S. 156         |  | CC BY-ND 3.0<br>Untashable            |
| S. 83, S. 157, S. 275 |  | CC BY-ND 3.0<br>Danil Polshin         |
| S. 83, S. 158, S. 276 |  | CC BY-ND 3.0<br>James Smith           |
| S. 96, S. 99          |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger |
| S. 96, S. 135         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger |
| S. 96                 |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger |
| S. 97                 |  | Microsoft Word                        |
| S. 99                 |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger |







|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| S. 116, S. 156         |    | CC BY-ND 3.0<br>Ines Simoes            |
| S. 116, S. 156, S. 275 |    | CC BY-ND 3.0<br>Ragal Kartidev         |
| S. 116, S. 156, S. 275 |    | CC BY-ND 3.0<br>Adrien Coquet          |
| S. 116, S. 155         |    | CC BY-ND 3.0<br>b farias               |
| S. 116, S. 156, S. 275 |    | CC BY-ND 3.0<br>Magicon                |
| S. 116, S. 157, S. 276 |    | CC BY-ND 3.0<br>PixelBazaar            |
| S. 117, S. 155         |    | CC BY-ND 3.0<br>useiconic.com          |
| S. 117, S. 156         |    | CC BY-ND 3.0<br>Untashable             |
| S. 117, S. 156, S. 275 |   | CC BY-ND 3.0<br>Harika Uzun            |
| S. 117, S. 156         |  | CC BY-ND 3.0<br>Untashable             |
| S. 117, S. 157         |  | CC BY-ND 3.0<br>Zeeshan Afzal          |
| S. 120                 |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger  |
| S. 125, S. 157, S. 275 |  | CC BY-ND 3.0<br>bayu wibowo            |
| S. 125, S. 157         |  | CC BY-ND 3.0<br>IYIKON                 |
| S. 125, S. 158         |  | CC BY-ND 3.0<br>Artdabana@Design       |
| S. 125, S. 158         |  | CC BY-ND 3.0<br>James Smith            |
| S. 125, S. 158         |  | CC BY-ND 3.0<br>Indra anis             |
| S. 125, S. 157         |  | CC BY-ND 3.0<br>Untashable             |
| S. 128                 |  | METACOM Symbole @<br>Annette Kitzinger |
| S. 135                 |  | METACOM Symbole @<br>Annette Kitzinger |
| S. 135                 |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger  |

|                        |   |                                       |
|------------------------|---|---------------------------------------|
| S. 135                 |    | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger |
| S. 139, S. 157, S. 275 |    | CC BY-ND 3.0<br>Surya Lesmana         |
| S. 139, S. 157         |    | CC BY-ND 3.0<br>Meko                  |
| S. 139, S. 157         |    | CC BY-ND 3.0<br>Magicon               |
| S. 140, S. 157, S. 275 |    | CC BY-ND 3.0<br>SELicon               |
| S. 140, S. 157, S. 275 |    | CC BY-ND 3.0<br>Hada Arkanda          |
| S. 140, S. 157         |    | CC BY-ND 3.0<br>Numero Uno            |
| S. 140, S. 157         |    | CC BY-ND 3.0<br>Magicon               |
| S. 140, S. 157         |    | CC BY-ND 3.0<br>Rolas Design          |
| S. 148                 |  | Microsoft Word                        |
| S. 148                 |  | Microsoft Word                        |
| S. 148                 |  | Microsoft Word                        |
| S. 148                 |  | Microsoft Word                        |
| S. 148                 |  | Microsoft Word                        |
| S. 154, S. 156         |  | CC BY-ND 3.0<br>Erik Arndt            |
| S. 154, S. 156         |  | CC BY-ND 3.0<br>Numero Uno            |
| S. 154, S. 156, S. 275 |  | CC BY-ND 3.0<br>Untashable            |
| S. 154, S. 158         |  | CC BY-ND 3.0<br>Solid Icon            |
| S. 154, S. 157, S. 275 |  | CC BY-ND 3.0<br>Bellowen              |
| S. 154, S. 157, S. 276 |  | CC BY-ND 3.0<br>Roberto Chiaveri      |
| S. 154, S. 157         |  | CC BY-ND 3.0<br>Mohammed Rabiul Alam  |
| S. 193, S. 231         | Foto im iBook (Kohleplatte)   | Hannah Weck                           |
| S. 193, S. 231         | Foto im iBook (Messingplatte)   | Dr. René Foellmer                     |



|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| S. 193                 | Video im iBook  | Dr. René Foellmer                          |
| S. 195, S. 232         |    | Hannah Weck                                |
| S. 195, S. 232         |    | METACOM Symbol @ Annette Kitzinger         |
| S. 195, S. 232         |    | METACOM Symbol @ Annette Kitzinger         |
| S. 195, S. 232         |    | METACOM Symbol @ Annette Kitzinger         |
| S. 195, S. 232         |    | METACOM Symbol @ Annette Kitzinger         |
| S. 195, S. 215, S. 231 |    | METACOM Symbol @ Annette Kitzinger         |
| S. 195                 |    | erweiterte Abbildung von Dr. René Foellmer |
| S. 195                 |    | erweiterte Abbildung von Dr. René Foellmer |
| S. 195, S. 218, S. 230 |    | METACOM Symbole @ Annette Kitzinger        |
| S. 195, S. 230         |  | CC BY-ND 3.0 sumarni                       |
| S.196                  | Foto im iBook   | Dr. René Foellmer                          |
| S. 197, S. 230, S. 258 | Foto im iBook (Versuchsaufbau)  | Dr. René Foellmer                          |
| S. 197, S. 209         | Foto im iBook (Salz)  | Dr. René Foellmer                          |
| S. 197                 | Foto im iBook (Zitrone)   | Hannah Weck                                |
| S. 197                 | Foto im iBook (Essig)   | Hannah Weck                                |
| S. 197                 | Foto im iBook (destilliertes Wasser)  | Hannah Weck                                |
| S. 197                 | Foto im iBook (Zucker)  | Hannah Weck                                |
| S. 197                 | Foto im iBook (Cola)  | Hannah Weck                                |
| S. 200, S. 236         |  | Microsoft Word                             |
| S. 200, S. 236         |  | Microsoft Word                             |
| S. 200, S. 236         |  | CC BY-ND 3.0 El Hikami                     |
| S. 200, S. 236         |  | CC BY-ND 3.0 Bombasticon Studio            |
| S. 210, S. 230, S. 231 | Foto im iBook   | Dr. René Foellmer                          |
| S. 211, S. 230         | Foto im iBook (Laborschnüre)  | Dr. René Foellmer                          |
| S. 211, S. 215         | Foto im iBook (Versuchsaufbau)  | Dr. René Foellmer                          |
| S. 214                 | Foto im iBook   | Dr. René Foellmer                          |
| S. 215, S. 231         | Foto im iBook (Kunststoffplatte)  | Dr. René Foellmer                          |
| S. 215, S. 231         | Foto im iBook (Kupferplatte)  | Dr. René Foellmer                          |

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| S. 215, S. 231 |    | METACOM Symbole @<br>Annette Kitzinger        |
| S. 226         |    | CC BY-ND 3.0<br>Laymik                        |
| S. 226         |    | CC BY-ND 3.0<br>M. Oki Orlando                |
| S. 226         |    | CC BY-ND 3.0<br>Good Father                   |
| S. 230         |    | METACOM Symbole @<br>Annette Kitzinger        |
| S. 230         | Foto im iBook (Schale)  | Dr. René Foellmer                             |
| S. 230         | Foto im iBook (Krokodilklemmen)   | Dr. René Foellmer                             |
| S. 230         | Foto im iBook (Kohleplatte)   | Hannah Weck                                   |
| S. 230         | Foto im iBook (Zinkplatte)  | Hannah Weck                                   |
| S. 230, S. 231 | Foto im iBook (LED)   | Dr. René Foellmer                             |
| S. 230         |    | METACOM Symbole @<br>Annette Kitzinger        |
| S. 231         | Foto im iBook (Piepser)   | Dr. René Foellmer                             |
| S. 231         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 231         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 231         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 231         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 231         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 231         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 231         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 232         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 232         |  | METACOM Symbol @<br>Annette Kitzinger         |
| S. 232         |  | erweiterte Abbildung von<br>Dr. René Foellmer |
| S. 258         |  | CC BY-ND 3.0<br>Tayyab Mahmood                |

|        |   |                               |
|--------|---|-------------------------------|
| S. 258 |  | CC BY-ND 3.0<br>SBTS          |
| S. 258 |  | CC BY-ND 3.0<br>Anwar Hossain |
| S. 258 |  | CC BY-ND 3.0<br>Myly          |
| S. 258 |  | CC BY-ND 3.0<br>Adrien Coquet |
| S. 258 |  | CC BY-ND 3.0<br>Seth Longwill |
| S. 258 |  | CC BY-ND 3.0<br>Funtasticon   |

Ich bedanke mich herzlich bei Annette Kitzinger für die Genehmigung, die in der Tabelle aufgeführten METACOM-Symbole verwenden zu dürfen.

(Kitzinger, A. (2022). METACOM9 Desktop – Symbolsystem zur Unterstützten Kommunikation. bestellbar unter: <http://www.metacom-symbole.de> [02.08.2023])

Außerdem danke ich meinem Kollegen, Dr. René Foellmer, dass ich von ihm aufgenommene Fotos und Videos in den eBooks sowie von ihm mit Microsoft Word erstellte Abbildungen für die Arbeitsblätter verwenden, editieren und in dieser Arbeit benutzen darf.

## Literaturverzeichnis

- Abels, S., Puddu, S., & Lembens, A. (2014). Wann flockt die Milch im Kaffee? Mit „Mysteries“ zu differenziertem Forschenden Lernen im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 25(142), 37–41.
- Abels, S. (2015a). Implementing Inquiry-based Science Education to Foster Emotional Engagement of Special Needs Students. In M. Kahveci & M. Orgill (Hrsg.), *Affective Dimensions in Chemistry Education* (S. 107–131). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Abels, S. (2015b). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N. Yates (Hrsg.), *New developments in science education research* (S. 77–96). New York City: Nova Science Publishers.
- Abels, S. (2016). Chemieunterricht und Inklusion – zwei unvereinbare Kulturen? In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zur Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 323–334). Münster: Waxmann.
- Abrams, E., Southerland, S. & Evans, C. (2008). Inquiry in the classroom: Necessary components of an useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Hrsg.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities* (S. xi-xlii). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Adamina, M. (2014): Lehr- und Lernmaterialien im kompetenzorientierten Unterricht. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 32 (3), 359–372.
- Adesokan, A. (2015). *Zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei Schülerinnen und Schülern mit Hörbeeinträchtigung – eine qualitative Studie als Beitrag zur Entwicklung eines inklusiven Chemieunterrichts*. <https://kups.ub.uni-koeln.de/6291/> [16.04.2021]
- Adl-Amini, K., Burgwald, C., Haas, S., Beck, M., Chihab, L., Fetzer, M., Lorenzen, M., Niesen, H., Sührig, L. & Hardy, I. (2020). Fachdidaktische Perspektiven auf Inklusion. Entwicklung und Evaluation einer digitalen Lerneinheit zur Inklusion als Querschnittsaufgabe im Lehramtsstudium. *k:ON - Kölner Online Journal für Lehrer\*innenbildung*, 2, 108–133. <https://doi.org/10.18716/ojs/kON/2020.2.06> [30.08.2022]
- Ahrbeck, B. (2017). Schulische Inklusion. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 31(1), 5–11.
- Aktion Mensch (2010). *Studie Web 2.0/barrierefrei. Eine Studie zur Nutzung von Web 2.0 Anwendungen durch Menschen mit Behinderung*. [https://medien.aktionmensch.de/publikationen/barrierefrei/Studie\\_Web\\_2.0.pdf](https://medien.aktionmensch.de/publikationen/barrierefrei/Studie_Web_2.0.pdf) [12.07.2021]
- Amrhein, B. & Reich K. (2014). Fachdidaktik inklusiv: auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule. In B. Amrhein & M. Dziak-Mahler (Hrsg.), *Fachdidaktik inklusiv. auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule* (S. 31–44). Münster: Waxmann.
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Desing-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25.
- Anton, M. (2008). *Kompendium Chemiedidaktik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Apel, H. (1992). Prinzipien didaktischen Handelns. In N. Seifert & H. Serve (Hrsg.), *Prinzipien guten Unterrichts. Kriterien einer zeitgemäßen Unterrichtsgestaltung* (S. 11–44). München: PimS-Verlag.
- Appel, J. & Rauin, U. (2016). Quantitative Analyseverfahren in der videobasierten Unterrichtsforschung. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engarthner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 130–153). Weinheim: Beltz Juventa.
- Apple (o.J.). *Barrierefreiheit*. <https://www.apple.com/de/accessibility/> [10.12.2021]
- Arbeitsstelle Inklusion der Bezirksregierung Köln (2019). *Inklusion an Schulen im Regierungsbezirk Köln*. [https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/leistungen/abteilung04/generalien/inklusion/index.html](https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/leistungen/abteilung04/generalien/inklusion/index.html) [06.05.2021]
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (201). Schüler als Forscher – Experimentieren kompetenzorientiert unterrichten und beurteilen. *MNU*, 67(2), 83–91.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen – Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37.
- Aufenanger, S. (2017). Zum Stand der Forschung zum Tableteinsatz in Schule und Unterricht aus nationaler und internationaler Sicht. In J. Bastian & S. Aufenanger (Hrsg.), *Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien* (S. 119–138). Wiesbaden: Springer.
- Bach, H. (1968). *Geistigbehindertenpädagogik*. Berlin: Marhold.
- Bancroft, J. (2002). A methodology for developing science teaching materials for pupils with learning difficulties. *Support for Learning*, 17(4), 168–175.
- Bandura, A. (1976). Die Analyse von Modellierungsprozessen. In A. Bandura (Hrsg.), *Lernen am Modell. Ansätze einer sozial-kognitiven Lerntheorie* (S. 9–67). Stuttgart: Klett.
- Bandura, A. (1979). *Sozial-kognitive Lerntheorie*. Stuttgart: Klett.
- Bartelheimer, P. & Henke, J. (2018). *Vom Leitziel zur Kennzahl: Teilhabe messbar machen. (FGW-Studie Vorbeugende Sozialpolitik, 2)*. Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-67644-6> [30.08.2022]
- Bartz, J., Feldhues, K., Goll, T., Kanschik, D., Hüninghake, R., Krabbe, C., Lautenbach, F. & Trapp, R. (2018). Das Universal Design for Learning (UDL) in der inklusionsorientierten Hochschullehre. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme aus Sicht der Fachdidaktiken Chemie, Germanistik, Sachunterricht, Sport, Theologie und der Rehabilitationswissenschaft. In S. Hußmann & B. Welzel (Hrsg.), *DoPro L – Das Dortmunder Pro 1 für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 93–108). [https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16573/pdf/Hussmann\\_Welzel\\_2018\\_DoProfil\\_Das\\_Dortmunder\\_Profil.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16573/pdf/Hussmann_Welzel_2018_DoProfil_Das_Dortmunder_Profil.pdf) [30.11.2021]
- Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen (2018). *Die UN-Behindertenrechtskonvention. Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen*. <https://www.institut-fuer-menschenrechte.de/fileadmin/>

- Redaktion/PDF/DB\_Menschenrechtsschutz/CRPD/CRPD\_Konvention\_und\_Fakultativprotokoll.pdf [30.08.2022]
- Beck, I. (2013). Partizipation – Aspekte der Begründung um Umsetzung im Feld von Behinderung. *Teilhabe*, 52(1), 4–11.
  - Beekes, B. (2015). Wie fließt der Strom? Ein Unterrichtsbeispiel aus dem Fach Physik. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 126–130). Stuttgart: Kohlhammer.
  - Benz, A. (2002). *Mythos Spiegelneurone*. <https://www.spektrum.de/news/was-steckt-wirklich-hinter-den-spiegelneuronen/1991029> [28.05.2023]
  - Berger, V. (2007). Die experimentelle Methode In. S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), *Physik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 29–43). Berlin: Cornelsen.
  - Bernasconi, T. (2007). *Barrierefreies Internet für Menschen mit geistiger Behinderung. Eine experimentelle Pilotstudie zu technischen Voraussetzungen und partizipativen Auswirkungen*. Oldenburg: BIS.
  - Bertelsmann-Stiftung (2015). *Individuell fördern mit digitalen Medien*. Gütersloh: Bertelsmann-Stiftung.
  - Biermann, A. (2008). Schwermehrfachbehinderung. In S. Nußbeck, A. Biermann & H. Adam (Hrsg.), *Sonderpädagogik der geistigen Entwicklung. Handbuch der Sonderpädagogik* (S. 56–68). Göttingen: Hogrefe.
  - Biewer, G. (2017). *Grundlagen der Heilpädagogik und Inklusiven Pädagogik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
  - Bjork, E. & Bjork, R. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In M. Gernsbacher, R. Pew, L. Hough & J. Pomerantz (Hrsg.), *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contribution to society* (S. 56–64). New York: Worth Publisher.
  - Blömeke, S. (2003). Lehren und Lernen mit neuen Medien - Forschungsstand und Forschungsperspektiven. Multimedia in learning and instruction. *Unterrichtswissenschaft*, 31(1), 57–82.
  - Boban, I., Kruschel, R. & Wetzel, A. (2012). The Marriage of Inclusive and Democratic Education. In S. Seitz, N.-K. Finnern, N. Korff & K. Scheidt (Hrsg.), *Inklusiv gleich gerecht? Inklusion und Bildungsgerechtigkeit* (S. 174–179). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
  - Bock, B. (2015). Anschluss ermöglichen und die Vermittlungsaufgabe ernst nehmen. 5 Thesen zur leichten Sprache. *Didaktik Deutsch*, 20(38), 9–17.
  - Bohlmann, M. (2016). *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos-Verlag.
  - Bolte, C. & Behrens, J. (2004). Zur Situation des Physik/Chemie-Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen. In A. Pitton (Hrsg.), *Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung* (S. 317–19). Berlin: Lit Verlag.
  - Bonnstetter, R. (1998). *Inquiry: learning from the past with an eye on the future*. <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7595/5362> [12.09.2021]
  - Bonow, J., Leinigen, A., Greisbach, M. & Schreiber, C. (2019). Digital und inklusiv. Der Einsatz von Apps in inklusiven Settings im Mathematikunterricht. In D. Walter, & R. Rink (Hrsg.), *Digitale Medien in der Lehrerbildung Mathematik. Konzeptionelles*

*und Beispiele für die Primarstufe. Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien in der Primarstufe* (S. 51–71). Münster: WTM.

- Booth, T. & Ainscow, M. (2019). *Index für Inklusion. Ein Leitfaden für Schulentwicklung*. Herausgegeben und adaptiert von B. Achermann, D. Amirpur, M.-L. Braunsteiner, H. Demo, E. Plate & A. Platte. Weinheim: Beltz.
- Bosse, I. (2012). Medienbildung im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung – in Universität und Schule In R. Schulz-Zander, B. Eickelmann, H. Moser, H. Niesyto & P. Grell (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik 9. Qualitätsentwicklung in der Schule und medienpädagogische Professionalisierung* (S. 431–453). Wiesbaden: Springer.
- Bosse I., Bühler C., Niesyto H., Schluchter J. & Miesenberger K. (2012). Sieben Fragen zur inklusiven Medienbildung. In I. Bosse (Hrsg.), *Medienbildung im Zeitalter der Inklusion* (S. 2–57). Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen.
- Bosse, I. (2013). Keine Bildung ohne Medien! Perspektiven der Geistigbehindertenpädagogik. *Teilhabe*, 52(1), 26–32).
- Bosse, I. (2014). Zur Rolle der Medienpädagogik im Inklusionsprozess. *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nebengebiete*, 83(2), 149–153.
- Bosse, I. & Hasebrink, U. (2016). *Mediennutzung von Menschen mit Behinderungen. Forschungsbericht*. [https://www.die-medienanstalten.de/fileadmin/user\\_upload/die\\_medienanstalten/Publikationen/Weitere\\_Veroeffentlichungen/Studie-Mediennutzung\\_Menschen\\_mit\\_Behinderungen\\_Langfassung.pdf](https://www.die-medienanstalten.de/fileadmin/user_upload/die_medienanstalten/Publikationen/Weitere_Veroeffentlichungen/Studie-Mediennutzung_Menschen_mit_Behinderungen_Langfassung.pdf) [30.08.2022]
- Bosse, I. (2017a). Gestaltungsprinzipien für digitale Lernmittel im Gemeinsamen Unterricht. Eine explorative Studie am Beispiel der Lernplattform Planet Schule. In K. Mayrberger, J. Fromme, P. Grell & T. Hug (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik 13. Vernetzt und entgrenzt – Gestaltung von Lernumgebungen mit digitalen Medien* (S. 133–149). Wiesbaden: Springer.
- Bosse, I. (2017b). Medienbildung und Inklusion: wechselseitige Partizipationsgewinne. In Sachverständigenkommission 15. Kinder- und Jugendbericht (Hrsg.), *Materialien zum 15. Kinder- und Jugendbericht. Zwischen Freiräumen, Familie, Ganztagschule und virtuellen Welten – Persönlichkeitsentwicklung und Bildungsanspruch im Jugendalter*. Deutsches Jugendinstitut e. V. München. [https://www.dji.de/fileadmin/user\\_upload/bibs2017/15\\_KJB\\_Bosse\\_neu.pdf](https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/bibs2017/15_KJB_Bosse_neu.pdf) [30.08.2022]
- Bosse, I. (2018). Schulische Teilhabe durch Medien und assistive Technologien. In K. Hurrelmann & G. Quenzel (Hrsg.), *Handbuch Bildungsarmut* (S. 827 – 852). Wiesbaden: Springer.
- Bosse, I. & Schluchter, J.-R. (2019). Berufsfeld Sekundarstufe I. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch. Inklusion und Medienbildung* (S. 119–131). Weinheim, Basel: Beltz.
- Brahm, T. & Jenert, T. (2014). Wissenschafts-Praxis-Kooperation in designbasierte Forschung: Im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Gültigkeit und praktische Relevanz. In D. Euler & P. Sloane (Hrsg.), *Design-Based-Research* (S. 45–61). Stuttgart: Franz Steiner.
- Breitenbach, S. & Appel, J. (2016). Vergleich von Softwarepaketen zur Analyse audiovisueller Daten. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engarthner (Hrsg.), *Videoanalysen in der*

*Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 154–49). Weinheim: Beltz Juventa.

- Bresges, A., Beckmann, R., Schmoock, J., Quast, A., Schunke-Galley, J., Weber, J., Firmenich, D. Ruth Beckmann, R. & Kreiten, M. (2013). Das „Reichshofer Experimentierdesign“ zur Entwicklung und Überprüfung des Einsatzes von iPad oder anderen Tablet-PC im Physikunterricht. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG- Frühjahrstagung*. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/467> [31.03.2022]
- Bresges, A. (2015). *Das iPad-Kompendium*. <https://books.apple.com/de/book/das-ipad-kompendium/id1006375677> [23.11.2020]
- Bresges, A. (2018). Mobile Learning in der Schule. In C. de Witt & C. Gloerfeld (Hrsg.), *Handbuch Mobile Learning* (S. 613–635). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Breyer, C., Dreßler, K., Häußler, A. & Trefzger, T. (2011). Eine Physik für alle. In C. Ratz (Hrsg.), *Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Fachorientierung und Inklusion als didaktische Herausforderungen* (S. 171–190). Oberhausen: Athena.
- Brieler, M. (2014). Das iPad in der Förderschule. Anwendungsvielfalt: ein Device und viele Funktionen. *LA-Multimedia*, 11(1), 11–13.
- Brigham, F., Scruggs, T. & Mastropieri, M. (2011). Science Education and Students with Learning Disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26(4), 223–232.
- Britz, O. (2018). *Medienscouts an (inklusive) Grundschulen – Ein Peer-Tutoring-Projekt zur präventiven Förderung medialer und emotional-sozialer Kompetenzen*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Brown, A. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178.
- Brüggemann, M. (2019). Berufsfeld Grundschule. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch. Inklusion und Medienbildung* (S. 111–118). Weinheim, Basel: Beltz.
- Bruner, J. (1971). Ein Überblick. In J. Bruner, R. Olver & P. Greenfield (Hrsg.), *Studien zur kognitiven Entwicklung* (S. 377–385). Stuttgart: Ernst Klett.
- Brütt, A., Buschmann-Steinhage, R., Kirschning, S. & Wegscheider, K. (2016). Teilhabeforschung Bedeutung, Konzepte, Zielsetzung und Methoden. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 59(9), 1068–1074.
- Bruun, A., Raptis, D., Kjeldskov, J. & Skov, M. (2016). *Measuring the coolness of interactive products. The COOL questionnaire*. [https://vbn.aau.dk/ws/files/288179646/pre\\_print.pdf](https://vbn.aau.dk/ws/files/288179646/pre_print.pdf) [17.04.2023]
- Bühler, C. (2015). Universelles Design des Lernens und Arbeitens. In H. Biermann (Hrsg.), *Inklusion im Beruf* (S. 118–137). Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Bühler, C. (2016). Barrierefreiheit und Assistive Technologie als Voraussetzung und Hilfe zur Inklusion. In T. Bernasconi & U. Böing (Hrsg.), *Schwere Behinderung und Inklusion. Facetten einer nicht ausgrenzenden Inklusion*. (S. 155–169). Oberhausen: Athena.



- Bundesamt für Justiz [BfJ] (2016). *Sozialgesetzbuch Neuntes Buch – Rehabilitation und Teilhabe von Menschen mit Behinderungen*. [https://www.gesetze-im-internet.de/sgb\\_9\\_2018/BJNR323410016.html](https://www.gesetze-im-internet.de/sgb_9_2018/BJNR323410016.html) [15.09.2021].
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales [BMAS] (2002). *Gesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen. BGG*. Fundstelle: juris GmbH. <https://www.gesetze-im-internet.de/bgg/BJNR146800002.html> [15.09.2021].
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales [BMAS] (2013). *Teilhabebericht der Bundesregierung über die Lebenslagen von Menschen mit Beeinträchtigungen. Teilhabe – Beeinträchtigung – Behinderung*. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/2065474/429854/f44622ba078d4c189e369aa0e5ea4f9d/2013-07-31-teilhabebericht-data.pdf?download=1> [30.08.2022]
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales [BMAS] (2014). *Leichte Sprache. Ein Ratgeber*. [https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/a752-ratgeber-leichte-sprache.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/a752-ratgeber-leichte-sprache.pdf?__blob=publicationFile&v=8) [15.09.2020]
- Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte [BfArM] (2022). *Internationale Klassifikation der Krankheiten. 11. Revision - ICD-11*. [https://www.bfarm.de/DE/Ko-diersysteme/Klassifikationen/ICD/ICD-11/uebersetzung/\\_node.html](https://www.bfarm.de/DE/Ko-diersysteme/Klassifikationen/ICD/ICD-11/uebersetzung/_node.html) [16.04.2022].
- Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF] (1998). *Delphi-Befragung 1996/1998 – Potenziale und Dimensionen der Wissensgesellschaft – Auswirkungen auf Bildungsprozesse und Bildungsstrukturen – Integrierter Abschlussbericht*. München: Prognos.
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) (2017). *15. Kinder- und Jugendbericht Bericht über die Lebenssituation junger Menschen und die Leistungen der Kinder- und Jugendhilfe in Deutschland*. <https://www.bmfsfj.de/resource/blob/115438/d7ed644e1b7fac4f9266191459903c62/15-kinder-und-jugendbericht-bundestagsdrucksache-data.pdf> [10.12.2021]
- Bundesvereinigung Lebenshilfe (2009). *Gemeinsames Leben braucht gemeinsames Lernen in der Schule. Schulische Bildung im Zeitalter der Inklusion. Ein Positionspapier der Bundesvereinigung Lebenshilfe für Menschen mit geistiger Behinderung e.V.* Marburg: Lebenshilfe-Verlag.
- Bundeszentrale für Politische Bildung [BPB] (2005). *Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland*. Bonn.
- Bundschuh, K. (1995). Sonderpädagogische Förderzentren – Antwort auf eine heterogene Schülerschaft? *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 12(46), 576–581.
- Bybee, R. (1997a). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bybee, R. (1997b). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Gräber, & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific literacy: An international symposium* (S. 37–69). Kiel: IPN.
- Cadzow, A. (2017). Impact of Cognitive Learning Disorders on Accessing Online Resources. In M. Antona & C. Stephanidis, C. (Hrsg.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Human and Technological Environments* (S. 363–381). Cham: Springer International Publishing.

- Clarke, A. & Dawson, R. (1999). *Evaluation Research: An Introduction to Principles, Methods and Practice*. London: Sage Publications.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Cohen, I. B. & Watson, F. G. (1952). *General Education in Science*. Cambridge: Harvard University.
- Collins, A. (1992). Toward a Design Science of Education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Hrsg.), *New Directions in Educational Technology* (S. 15–22). Berlin: Springer.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.
- Cumming, T. & Draper Rodríguez, C. (2017). A Meta-Analysis of Mobile Technology Supporting Individuals with Disabilities. *The Journal of Special Education*, 51(3), 164–176.
  
- Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Deci, E. & Ryan, R. (2000). The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior, *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.
- Dechant, C., Scholz, M., Dönges, C., Kaltenbach, R., Risch, B. & Köppen, K. (2018). *Lebensgrundlage Boden. Eine Handreichung mit differenzierten Lernmaterialien für den Unterricht in inklusiven Gruppen*. [https://phbl-opus.phlb.de/frontdoor/deliver/index/docId/636/file/Lebensgrundlage\\_Boden\\_Handreicherung-max-neu.pdf](https://phbl-opus.phlb.de/frontdoor/deliver/index/docId/636/file/Lebensgrundlage_Boden_Handreicherung-max-neu.pdf) [22.01.2020]
- Dederich, M. (2009). Behinderung als sozial- und kulturwissenschaftliche Kategorie: In M. Dederich & W. Jantzen (Hrsg.), *Behinderung und Anerkennung. Behinderung, Bildung und Partizipation – Handbuch der Behindertenpädagogik* (S. 15–39). Stuttgart: Kohlhammer.
- Design-Based-Research Collective [DBRC] (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry, *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Detheridge, T. & Detheridge, M. (1997). *Literacy through symbols. Improving access for children and adults*. London: David Fulton Publishers.
- Deutsche Agentur für Health Technology Assessment (DAHTA) (2005). *ICF: Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit*. Neu-Isenburg: Medizinische Medien-Informationen-GmbH.
- Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) (2005). *Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF)*. <https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icf/icfhtml2005/zusatz-02-vor-einfuehrung.htm#abbildung1> [18.09.2021]
- Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information [DIMDI] (2019). *ICF-CY: internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen*. Bern: Hogrefe.
- Dinkelaker, J. & Herrle, M. (2009). *Erziehungswissenschaftliche Videographie – Eine Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Dinkelaker, J. (2014). Datenaufbereitung. In J. Kade, S. Nolda, J. Dinkelaker & M. Herrle (Hrsg.), *Videographische Kursforschung. Empirie des Lehrens und Lernens Erwachsener* (S. 55–70). Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Dinkelaker, J. (2016). Datengewinnung und -formate in der videobasierten Unterrichtsforschung. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engarthner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 50–75). Weinheim: Beltz Juventa.
- Dirks, S. & Linke, H. (2019). Assistive Technologien, In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch. Inklusion und Medienbildung* (S. 241–251). Weinheim, Basel: Beltz.
- Dönges, C. (2007). Lesen- und Schreibenlernen an der SFG – Modifikationen zum erweiterten Lesebegriff. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 58(9), S. 338–344.
- Dönges, C. & Scholz, M. (2021). Stufenvorstellungen als unzulängliche Basis in der Diagnostik zur erweiterten Lesefähigkeit. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 72(1), 15–22.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016a). Qualitätskriterien der empirischen Sozialforschung. In N. Döring & J. Bortz (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 81–120). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016b). Operationalisierung. In N. Döring & J. Bortz (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 221–290). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016c). Datenerhebung. In N. Döring & J. Bortz (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 321–578). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016d). Datenanalyse. In N. Döring & J. Bortz (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 597–784). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Dorrance, C. (2015). Die UN-BRK - ein Menschenrechtsdokument und seine Herausforderungen für die Gestaltung des Bildungssystems - oder: Warum die Berücksichtigung der UN-BRK kein Zukunftsprojekt ist, sondern unmittelbar geltendes Recht. In G. Geiger & M. Lengsfeld (Hrsg.), *Inklusion ein Menschenrecht. Was hat sich getan, was kann man tun?* (S. 53–74). Opladen: Budrich.
- Dubs, R. (2002). Scientific Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In W. Gräber, P. Nentwig, Th. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinbildung* (S. 69–82). Opladen: Leske + Budrich.
- Duit, R. (2003). Naturwissenschaftliches Arbeiten. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 14(74), 4–8.
- Dworschak, W., Kannewischer, S., Ratz, C. & Wagner, M. (2012). Einschätzung von Verhalten bei Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In W. Dworschak, S. Kannewischer, C. Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Eine empirische Studie* (S. 149–164). Oberhausen: Athena.
- Dworschak, W. & Ratz, C. (2012). Soziobiographische Aspekte der Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In W. Dworschak, S. Kannewischer, C.

Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Eine empirische Studie* (S. 27–48). Oberhausen: Athena.

- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Edler, C. (2015). E-Inklusion und Cognitive Accessibility. Menschen mit kognitiven Behinderungen nutzen Tablets im Alltag. *Medien + Erziehung*, 59(4), 74–81.
- Ehmen, T. & Lindemann, H. (2016). Einstellungen zur Inklusion – Ergebnisse einer Bürgerbefragung. In H. Lindemann (Hrsg.), *Teilhabe ist das Ziel – der Weg heißt: Inklusion: Beiträge zur Umsetzung der Inklusion in Oldenburg: Inklusion in Oldenburg: eine Stadt macht Schule!* (S. 172–184). Weinheim: Beltz Juventa.
- Eickelmann, B. (2015). *Bildungsgerechtigkeit 4.0*. <https://www.boell.de/de/2015/04/27/bildungsgerechtigkeit> [08.09.2021]
- Emden, M., Hübinger, R. & Sumfleth, E. (2010). Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht – Unterrichtsmaterialien zur Unterstützung der Kompetenzförderung. *MNU*, 63(5), 279-286.
- Engeln, K. & Euler, M. (2005). *Physikunterricht modernisieren – Erfahrungen aus Kooperationsprojekten zwischen Schule und Wissenschaft*. Kiel: IPN.
- Engeln, K. (2006). Praktikum, Lernort Labor. In H. Mikelskis & V. Berger (Hrsg.), *Physik Didaktik, Praxishandbuch für die Sekundarstufe und II* (S. 167–175). Berlin: Cornelsen.
- Erhardt, K. & Grüber, K. (2011). *Teilhabe von Menschen mit geistiger Behinderung am Leben in der Kommune*. Freiburg i. Br.: Lambertus.
- Erickson, F. (2006). Definition an Analysis of Data from Videotape. Some Research Procedures and their Rationales. In J. Green, G. Camilli & P. Elmore, P.B. (Hrsg.), *Handbook of Complementary Methods in Education Research* (S. 177–192). Washington: Lawrence Erlbaum Associates.
- Euler, D. (2014). Design research – a paradigm under development. In D. Euler & P. Sloane (Hrsg.), *Design-Based-Research* (S. 15–41). Stuttgart: Franz Steiner.
- European Agency for Development in Special Needs Education (Europäische Agentur für Entwicklungen in der sonderpädagogischen Förderung) (2012). *Inklusionsorientierte Lehrerbildung. Ein Profil für Inklusive Lehrerinnen und Lehrer*. [https://www.european-agency.org/sites/default/files/te4i-profile-of-inclusive-teachers\\_Profile-of-Inclusive-Teachers-DE.pdf](https://www.european-agency.org/sites/default/files/te4i-profile-of-inclusive-teachers_Profile-of-Inclusive-Teachers-DE.pdf) [20.03.2021.]
- Evers-Meyer, K. (2011). Zur Situation von Menschen mit Behinderungen in Deutschland. In R. Wernstedt & M. Joon-Ohnesorg (Hrsg.), *Inklusive Bildung. Die UN-Konvention und ihre Folgen* (S. 27–31). <https://library.fes.de/pdf-files/studienfoerderung/07621.pdf> [30.08.2022]
- Exner, Karsten (2007). *Kritik am Integrationsparadigma im „Behindertenbereich“: Von der Notwendigkeit soziologischer Theoriebildung*. Bad Heilbrunn, Julius Klinkhardt
- Falkai, P. & Wittchen, H.-U. (2018). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen DSM-5®*. Göttingen: Hogrefe.

- Fefer S. & Vierbuchen, M. (2019). Lob als effektives Classroom Management in der Sekundarstufe – wissenschaftliche Befunde und praktische Hinweise. In M. Vierbuchen & F. Bartels (Hrsg.), *Feedback in der Unterrichtspraxis. Schülerinnen und Schüler beim Lernen wirksam unterstützen* (S. 59–75). Stuttgart: Kohlhammer.
- Feuser, G. (1989). Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. *Behindertenpädagogik*, 28(1), 4–48.
- Fischer, D. (1999). *Neues Lernen mit Geistigbehinderten. Eine methodische Grundlegung*. Würzburg: Bentheim.
- Fischer, E. (2003). „Geistige Behinderung“ – Fakt oder Konstrukt? Sichtweisen und aktuelle Entwicklungen. In E. Fischer (Hrsg.), *Pädagogik für Menschen mit geistiger Behinderung. Sichtweisen, Theorien, aktuelle Herausforderungen* (S. 7–35). Oberhausen: Athena.
- Fischer, E. (2005). *Vorhaben und Unterrichtseinheiten. Lehren und Lernen im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung*. Dortmund: Borgmann.
- Fischer, E. (2008). *Bildung im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Fischer, E. (2009). Erziehung und Bildung in Grundschulbereich Förderschulen. In G. Opp & G. Theunissen (Hrsg.), *Handbuch schulische Sonderpädagogik* (S. 115 – 119). Stuttgart: UTB.
- Fischer, E. (2011). Bildungsstandards für Kinder und Jugendlicher mit schwerster Behinderung?! *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 4(80), 284–296.
- Fisseler, B. (2012). Assistive und Unterstützende Technologien in Förderschule und inklusivem Unterricht In I. Bosse (Hrsg.), *Medienbildung im Zeitalter der Inklusion* (S.87–91). Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen.
- Flick, U. (2006). *Qualitative Evaluationsforschung: Konzepte – Methoden – Umsetzung*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Fornefeld, B. (1995). „Elementare Beziehung“ und Selbstverwirklichung geistig Schwerstbehinderter in sozialer Integration: Reflexionen im Vorfeld einer leiborientierten Pädagogik. Aachen: Günter Mainz.
- Fornefeld, B. (2004). *Einführung in die Geistigbehindertenpädagogik*. München: Reinhardt.
- Fornefeld, B. (2008). Menschen mit Komplexer Behinderung – Klärung des Begriffs. In B. Fornefeld (Hrsg.), *Menschen mit komplexer Behinderung. Selbstverständnis und Aufgaben der Behindertenpädagogik* (S. 50–81). München: Ernst Reinhardt Verlag.
- Fornefeld, B. (2013). *Grundwissen Geistigbehindertenpädagogik*. München: Ernst Reinhardt Verlag.
- Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Schule und Berufsbildung (2017). *Bildungsplan. Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung*. <https://weidemoor.hamburg.de/wp-content/uploads/sites/206/2019/06/Bildungsplan-Förderschwerpunkt-Geistige-Entwicklung.pdf> [19.10.2021]
- Fritzsche, B. & Wagner-Willi, M. (2014). Dokumentarische Interpretation von Unterrichtsvideografien In R. Bohnsack, B. Fritzsche & M. Wagner-Willi (Hrsg.),

*Dokumentarische Video- und Filminterpretation: Methodologie und Forschungspraxis* (S. 131–152). Opladen: Budrich

- Fuchs, M. (2015). *Partizipation als Reflexionsanlass*. <https://www.kubi-online.de/artikel/partizipation-reflexionsanlass> [30.08.2022]
- Gebauer, M. & Simon, T.: Inklusiver Sachunterricht konkret: Chancen, Grenzen, Perspektiven. *widerstreit sachunterricht*, 18. [https://opendata.uni-halle.de/bitstream/1981185920/94413/1/sachunterricht\\_volume\\_0\\_5635.pdf](https://opendata.uni-halle.de/bitstream/1981185920/94413/1/sachunterricht_volume_0_5635.pdf) [23.08.2022]
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer.
- Gess, C., Rueß, J. & Deicke, W. (2014). Design-based Research als Ansatz zur Verbesserung der Lehre an Hochschulen – Einführung und Praxisbeispiel. *Qualität in der Wissenschaft*, 8(1), 10–16.
- Giest, H. (2015). Diagnostik und Inklusion in Sachunterricht. In H. Schäfer & C. Rittmeyer (Hrsg.), *Handbuch Inklusive Diagnostik* (S. 214–229). Weinheim: Beltz Verlag.
- Girwidz, R. (2015a). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 193–245). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Girwidz, R. (2015b). Neue Medien und Multimedia. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 401–427). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Girwidz, R. (2015c). Multimedia unter lerntheoretischen Aspekten. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 843–877). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Gläser-Zikuda, M. (2015). Qualitative Auswertungsverfahren. Strukturen und Methoden. In H. Reinders, H. Ditton, C. Gräsel & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung. Strukturen und Methoden* (S. 119–130). Wiesbaden: Springer.
- Gonschorek, G. & Schneider, S. (2009). *Einführung in die Schulpädagogik und die Unterrichtsplanung*. Donauwörth: Auer.
- Goschler, W. (2018). *Inklusive Didaktik in Theorie und Praxis: Lernwerkstattarbeit und mathematische Muster am gemeinsamen Lerngegenstand*. Würzburg: Würzburg University Press.
- Gräber, W., Nentwig, P. & Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig, Th. R. Koballa & R. H. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinbildung* (S. 135–145). Opladen: Leske + Budrich.
- Graf, E. (2004). *Biologiedidaktik für Studium und Unterrichtspraxis*. Donauwörth: Auer.
- Grampp, G. (1980). Über die Notwendigkeit heilpädagogischer Prinzipien. *Lebenshilfe*, 19(2), 96–100.
- Gravemeijer, K. (2001). Fostering a dialectic relation between theory and practice. In J. Anghileri (Hrsg.), *Principles and practices in arithmetic teaching. Innovative approaches for the primary classroom* (S. 147–161). Philadelphia: Open University Press.

- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from learning design perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design Research* (S. 45–85). London, New York: Routledge.
- Günther, K.-B. (1989). Ontogenese, Entwicklungsprozeß und Störungen beim Schriftspracherwerb unter besonderer Berücksichtigung der Schwierigkeiten von lern- und sprachbehinderten Kindern. In K.-B. Günther & H. Balhorn (Hrsg.), *Ontogenese, Entwicklungsprozeß und Störungen beim Schriftspracherwerb* (S. 12-33). Heidelberg: Schindele.
- Günthner, W. (2000). *Lesen und Schreiben an der Schule für Geistigbehinderte. Grundlagen und Übungsvorschläge zum erweiterten Lese- und Schreibbegriff*. Dortmund: Verlag Modernes Lernen.
- Gut-Glanzmann, C. & Jürgen Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–140). Berlin: Springer.
- Haage, A. & Bosse, I. (2017). Media Use of Persons with Disabilities. In M. Antona & C. Stephanidis, C. (Hrsg.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Human and Technological Environments*. (S. 419–435). Cham: Springer International Publishing.
- Haage, A. & Bühler, C. (2019). Barrierefreiheit. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch. Inklusion und Medienbildung* (S. 207–215). Weinheim, Basel: Beltz.
- Haeblerlin, U. (2005). *Grundlagen der Heilpädagogik*. Stuttgart: UTB.
- Hagen, J. (2002). Zur Befragung von Menschen mit einer geistigen oder mehrfachen Behinderung. *Geistige Behinderung*, 41(4), 293–306.
- Hammann, M., Phan, T. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, Sonderheft* (8), 33–49.
- Hammann, M. (2018), Experimentieren. In U. Spörhase-Eichmann & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 115–119). Berlin: Cornelsen.
- Hartke, B. (2000). Unterrichtsformen. In J. Borchert (Hrsg.), *Handbuch der Sonderpädagogischen Psychologie* (S. 364–379). Göttingen, Berlin: Hogrefe.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, UK: Routledge.
- Hattie, J. & Zierer, K. (2017). *Kenne deinen Einfluss! „Visible Learning“ für die Unterrichtspraxis*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Hauerstein, M.-T. & van Vorst, H. (2018). Zum Einfluss von Strukturierung und Differenzierung. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 157–160). [https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16753/pdf/Maurer\\_2018\\_Naturwissenschaftliche\\_Bildung\\_als\\_Grundlage.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16753/pdf/Maurer_2018_Naturwissenschaftliche_Bildung_als_Grundlage.pdf) [27.07.2021]

- Hecht, M. (2016). Starre Blicke und soziale Ordnung: Analysen zur interaktiven Produktion von Abwesenheit und Denken im Unterricht. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 294–321). Weinheim: Beltz Juventa.
- Heimlich, U. (2014). Teilhabe, Teilgabe oder Teilsein? Auf der Suche nach den Grundlagen inklusiver Bildung. *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 83(1), 1–5.
- Heinen, R. & Kerres, M. (für die Bertelsmann-Stiftung) (2015). *Individuelle Förderung mit digitalen Medien. Handlungsfelder für die systematische, lernförderliche Integration digitaler Medien in Schule und Unterricht*. [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie\\_IB\\_iFoerderung\\_digitale\\_Medien\\_2015.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_iFoerderung_digitale_Medien_2015.pdf) [25.09.2020]
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Herrle, M. & Breitenbach, S. (2016). Planung, Durchführung und Nachbereitung videogestützter Beobachtungen im Unterricht. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 30–49). Weinheim: Beltz Juventa.
- Herrle, M. & Dinkelaker, J. (2016). Qualitative Analyseverfahren in der videobasierten Unterrichtsforschung. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 76–129). Weinheim: Beltz Juventa.
- Herrle, M., Rauin, U. & Engartner, T. (2016). Videos als Ressourcen zur Generierung von Wissen über Unterrichtsrealität(en). In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 8–28). Weinheim: Beltz Juventa.
- Hessisches Kultusministerium (2013). *Richtlinien für Unterricht und Erziehung im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung*. [https://sts-ghrf-ruesselsheim.bildung.hessen.de/modul/diagnostizieren\\_foerdern\\_beurteilen/Richtlinien\\_Foerderschwerpunkt\\_geistige\\_Entwicklung.pdf](https://sts-ghrf-ruesselsheim.bildung.hessen.de/modul/diagnostizieren_foerdern_beurteilen/Richtlinien_Foerderschwerpunkt_geistige_Entwicklung.pdf) [19.10.2021]
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553.
- Hoffmann, T. (2010). Bildung und Entwicklung – die Kulturhistorische Schule der russischen Psychologie und ihr Beitrag zur Geistigbehindertenpädagogik. In O. Musenberg & J. Riegert, (Hrsg.), *Bildung und geistige Behinderung. Bildungstheoretische Reflexionen und aktuelle Fragestellungen* (S. 142–167). Oberhausen: Athena.
- Hoffmann, T. & Menthe, J. (2015). Sonderpädagogische Aspekte inklusiven Chemieunterrichts in der Sekundarstufe. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 141–158). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Köln: Aulis-Verlag.
- Hublow, C. & Wohlgehagen, L. (1978). Lesenlernen mit Geistigbehinderten. *Zeitschrift für Heilpädagogik*. 29(1), 23–28.



- Hublow, C. (1985). Lebensbezogenes Lesenlernen bei geistig behinderten Schülern. Anregungen zur Zusammenarbeit von Eltern und Lehrern auf der Grundlage eines erweiterten Verständnisses von Lesen. *Geistige Behinderung*, 24(2), 1–24.
- Hurraki – *Wörterbuch für Leichte Sprache*. <https://hurraki.de/wiki/Hauptseite> [14.11.2021]
- Hurtado, B., Jones, L., & Burniston, F. (2014). Is easy read information really easier to read? *Journal of Intellectual Disability Research*, 58, 822–829.
- Jain, A. & Spieß, R. (2012). Versuchspläne der experimentellen Einzelfallforschung. *Empirische Sonderpädagogik*, 3(4), 211–245.
- Janik, T., Seidel, T. & Najvar, P. (2009). Introduction: On the Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning. In Janik, T. & Seidel T. (Hrsg.), *The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in the Classroom*. (S. 1–19). Münster: Waxmann.
- Jank, W. & Meyer, H. (2008). *Didaktische Modelle*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Kahlert, J. & Heimlich, U. (2012). Inklusionsdidaktische Netze – Konturen eines Unterrichts für alle (dargestellt am Beispiel des Sachunterrichts). In U. Heimlich & J. Kahlert (Hrsg.), *Inklusion in Schule und Unterricht. Wege zur Bildung für alle* (S. 153 – 190). Stuttgart: Kohlhammer.
- Kane, G. & Kane J. (1999). Psychologische Maßnahmen. In W. Dworschak, S. Kannewischer, C. Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Eine empirische Studie* (S. 236–251). Oberhausen: Athena.
- Karsenti, T., & Fievez, A. (2013). *The iPad in education: uses, benefits, and challenges – A survey of 6,057 students and 302 teachers in Quebec, Canada*. Quebec: Library and Archives.
- Kauertz, A. (2015). Herausforderung Elektrizitätslehre. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 10 –112). Stuttgart: Kohlhammer.
- Kellermann, G. (2014). Leichte und Einfache Sprache – Versuch einer Definition. *Aus Politik und Zeitgeschichte*. <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/179341/leichte-und-einfache-sprache-versuch-einer-definition/> [25.04.2021]
- Kelly, A. (2010). When is Design Research Appropriate. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen, (Hrsg.), *An Introduction to Educational Design Research* (S. 73–88). Enschede: Netzdruk.
- Kerschensteiner, G. (1959). *Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichtes*. München, Oldenbourg: Teubner.
- Killermann, W., Hierung, P. & Starosta, B. (2008). *Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik*. Donauwörth: Auer.
- Kircher, E. (2015a). Warum Physikunterricht? In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 15–73), Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

- Kircher, E. (2015b). Ziele und Kompetenzen im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 75–105), Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E. (2015c). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 107–139), Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E. (2015d). Methoden im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 141–192), Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E. (2015e). Planung und Analyse von Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 295–319), Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E. (2015f). Über die Natur der Naturwissenschaften lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 809–841), Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kirschner, P., Sweller, J., & Clark, R. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Kitzinger, A. (2022). *Metacom9 Desktop*. <https://www.metacom-symbole.de> [12.02.2023]
- Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction: Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science*, 15(10). <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x> [25.09.2021]
- Klauß, T. (2000). Überwindung defizitärer Sichtweisen und Ermöglichung von Selbstbestimmung durch handlungsorientierten Unterricht für Schüler mit einer geistigen Behinderung. In T. Klauß (Hrsg.), *Heidelberger Texte zur Pädagogik für MmGB. Bd 1: Aktuelle Tendenzen der schulischen Förderung* (S. 100–145). Heidelberg: Winter.
- Klauß, T. (2003). Selbstbestimmung als Leitidee der Pädagogik für Menschen mit geistiger Behinderung. In E. Fischer (Hrsg.), *Pädagogik für Menschen mit geistiger Behinderung*. (S. 83–127). Oberhausen: Athena.
- Klauß, T. & Lamers, W. (2010). Bildung für Menschen mit geistiger Behinderung – ein unvollständig eingelöstes Menschenrecht. In O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.), *Bildung und geistige Behinderung. Bildungs-theoretische Reflexionen und aktuelle Fragestellungen* (S. 302–323). Oberhausen: Athena.
- Klein, P., Kuhn, J. & Müller, A. (2017). Experimente mit Smartphone und Tablet-PC: Analyse leistungsbezogener Antwortsicherheiten im Physikstudium, In J. Bastian & S. Aufenanger (Hrsg.), *Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien* (S. 327–354). Wiesbaden: Springer.
- Klieme, E. et al. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Expertise*. Bonn: BMBF.
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu

- eingerrichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 876–903.
- Klose, K. (2008). Die Batterie - Ein komplexer technischer Gegenstand wird zum Unterrichtsthema. *Grundschulmagazin*, 76(1), 35–40
  - Kluge, F. (1999). *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*. Berlin: de Gruyter.
  - Knoblauch, H. (2011). Videoanalyse, Videointeraktionsanalyse und Videographie – zur Klärung einiger Missverständnisse. *Sozialer Sinn*, 12(1), 139–145.
  - Koch, A. (2008). *Die Kulturtechnik Lesen im Unterricht für Schüler mit geistiger Behinderung. Lesen lernen ohne Phonologische Bewusstheit?* Aachen: Shaker.
  - Kohnen, M. (2012). Design-Based Research: eine grundlegende Forschungsperspektive für die fachdidaktische Unterrichtsforschung in den Naturwissenschaften. In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner & S. Ziegelbauer (Hrsg.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung* (S. 151–164). Münster: Waxmann.
  - Köhnlein, W. (1982). *Exemplarischer Physikunterricht*. Bad Salzdetfurth: Franzbecker.
  - Kolbeck, E. (2019). *Schulung von Vermittlungsfähigkeiten Promovierender im Fach Chemie: Die Weiterbildung ‚How to communicate chemistry?‘*. Berlin: Logos-Verlag.
  - Krause, U. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. In H. Mandl & H. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 38–41). Göttingen: Hogrefe Verlag.
  - Krell, G., Riedmüller, B., Sieben, B. & Vinz, D. (2007). Einleitung – Diversity Studies als integrierende Forschungsrichtung. In G. Krell, B. Riedmüller, B. Sieben & D. Vinz (Hrsg.), *Diversity Studies. Grundlagen und disziplinäre Ansätze* (S. 7–16). Frankfurt: Campus.
  - Kremer, H. & Zoyke, A. (2014). Design Research zur individuellen Förderung in der beruflichen Rehabilitation. In D. Euler & P. Sloane (Hrsg.), *Design-Based-Research* (S. 197–212). Stuttgart: Franz Steiner.
  - Krippendorf, K. (1980). *Content Analysis. An introduction to its methodology*. London: Sage.
  - Kromrey, H. (2002). *Empirische Sozialforschung. Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung*. Opladen: Leske + Budrich.
  - Krönig, F. (2015). Barrieren zwischen Freiheit und Faktizität. Eine phänomenologische und differenztheoretische Annäherung an einen inklusionspädagogischen Schlüsselbegriff. In I. Schell (Hrsg.), *Herausforderung Inklusion. Theoriebildung und Praxis* (S. 40–50). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
  - Krtoski, I. (2016). Tablet-Einsatz bei Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf. Mit Fokus auf die körperlich-motorische sowie geistige Entwicklung. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, 4, 31–37.
  - Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz Juventa.
  - Kuhl, J., Euker, N. & Koch, A. (2013). Evaluation eines Diagnoseverfahrens zur Erfassung der Lesekompetenz im weiteren und engeren Sinne von Menschen mit geistiger Behinderung. *Heilpädagogische Forschung*, 39(4), 183–198.

- Kuhn, J. (2014). Smartphone-Physik. Ein Überblick über Experimente mit Smartphone und Tablet-PC im Physikunterricht. *LA-Multimedia*, 11(1), 17–21.
- Kuhn, J., Müller, A., Hirth, M., Hochberg, K., Klein, P. & Molz, A. (2015). Experimentieren mit Smartphone und Tablet-PC. Einsatzmöglichkeiten für den Physikunterricht im Überblick. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 26(145), 4–9.
- Küpper, A. (2021). *(Weiter-)Entwicklung und Evaluation der Lernumgebung "Mit dem Licht durch unser Sonnensystem und darüber hinaus" zur dualen Förderung von Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen, der sozialen Integration, der Kooperationsfähigkeit und der Selbstständigkeit im inklusiven Physikunterricht der Orientierungsstufe: ein Design-Based Research-Projekt*. <https://kups.ub.uni-koeln.de/35770/> [24.07.2022]
- Küpper, A. & Weck, H. (2021). Experimentelle Unterrichtsphasen im inklusiven Physikunterricht mit digitalen Medien gestalten. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderung heute. 4. Beiheft. Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (S. 10–25). Weinheim: Beltz Juventa.
- Landesinstitut für Schulentwicklung (LS) (2018). Im digitalen Zeitalter qualitätsorientiert lernen. Chancen und Grenzen digitaler Medien. Eine Handreichung für Lehrkräfte aller Fächer aus allen Schularten, -stufen und -typen. <https://www.schule-bw.de/themen-und-impulse/uebergreifende-erziehung/medienerziehung/handreichungen/basisband/handreichung-im-digitalen-zeitalter-qualitaetsorientiert-lernen-dl-01.pdf> [17.08.2021]
- Landesinstitut für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt (o.J.). <https://lisa.sachsen-anhalt.de/unterricht/lehrplaenerahmenrichtlinien/foerderschule/> [10.01.2023]
- Langer, I., Schulz v. Thun, F. & Tausch, R. (1993). *Sich verständlich ausdrücken*. München: Reinhardt.
- Lamers, W. & Heinen, N. (2006). Bildung mit ForMat – Impulse für eine veränderte Unterrichtspraxis mit Schülerinnen und Schülern mit (schwerer) Behinderung. In D. Laubenstein, W. Lamers & N. Heinen (Hrsg.), *Basale Stimulation kritisch – konstruktiv* (141–206). Düsseldorf: Selbstbestimmtes Leben.
- Lamers, W., Musenberg, O. & Sansour, T. (2021). *Qualitätsoffensive · Teilhabe von erwachsenen Menschen mit schwerer Behinderung. Grundlagen für die Arbeit in Praxis, Aus- und Weiterbildung*. Bielefeld: Athena.
- Lee, O., Buxton, C., Lewis, S. & LeRoy, K. (2006). Science Inquiry and Student Diversity: Enhanced Abilities and Continuing Difficulties After an Instructional Intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(7), 607–636.
- Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation [DIPF] (2022). *Deutscher Bildungsbericht*. <https://www.bildungsbericht.de/de/bildungsberichte-seit-2006/bildungsbericht-2022/pdf-dateien-2022/bildungsbericht-2022.pdf> [27.07.2023]
- Leisen, J. (2005a). Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? Sprache und Physikunterricht, *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 16(87), 4–9.
- Leisen, J. (2005b). Wechsel der Darstellungsformen: Ein Unterrichtsprinzip für alle Fächer. *Der Fremdsprachliche Unterricht Englisch*, 39(78), 9–11.

- Leisen, J. (2005c). Bildungsstandards Physik: der Kompetenzbereich „Kommunikation“. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 16(87), 16–20.
- Leisen, J. (2005d). Richtige, reichhaltige und flüssige Sprache entwickeln – Sprachhilfen für Schüler mit Migrationshintergrund. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 16(87), 21–25.
- Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Bonn: Varus.
- Leisen, J. (2011). Praktische Ansätze schulischer Sprachförderung – Der sprachensible Fachunterricht. [https://www.hss.de/fileadmin/media/downloads/Berichte/111027\\_RM\\_Leisen.pdf](https://www.hss.de/fileadmin/media/downloads/Berichte/111027_RM_Leisen.pdf) [20.05.2022]
- Leisen J. (2018). *Was Lehrkräfte brauchen – Ein praktikables Lehr-Lern-Modell*. <http://www.josefleisen.de/downloads/lehrenlernen/00%20Was%20Lehrkr%C3%A4fte%20brauchen%20-%20Ein%20praktikables%20Lehr-Lern-Modell%202018.pdf> [23.01.2022]
- Leontjew, A. (1973). *Probleme der Entwicklung des Psychischen*. Frankfurt: Athenäum Fischer.
- Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck, A. (2014). Lernen mit Medien. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 297–234). Weinheim: Beltz.
- Liesen, C. & Rummler, K. (2016). Digitale Medien und Sonderpädagogik. Eine Ausle-geordnung für die interdisziplinäre Verbindung von Medien und Sonderpädagogik. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, 4, 6–12
- Lindemann, H. (2016). Teilhaberecht, Teilhabepflicht und Teilhabechance In H. Linde-mann (Hrsg.), *Teilhabe ist das Ziel – der Weg heißt: Inklusion: Beiträge zur Umsetzung der Inklusion in Oldenburg: Inklusion in Oldenburg: eine Stadt macht Schule!* (S. 9–16). Weinheim: Beltz Juventa.
- Linden, M. (2016). Fähigkeitsbeeinträchtigungen und Teilhabebeeinträchtigungen. Erfas-sung und Quantifizierung in der sozialmedizinischen Beurteilung von psychischen Stö-rungen. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 59(9), 1147–1153.
- Lindmeier, C. (2009). Teilhabe und Inklusion. *Teilhabe*, 48(1), 4–10.
- Lipowsky, F. (2002). Zur Qualität von offenen Lernsituationen im Spiegel empirischer Forschungen – Auf die Mikroebene kommt es an In U. Drews & W. Wallrabenstein (Hrsg.), *Freiarbeit in der Grundschule. Offener Unterricht in Theorie, Forschung und Praxis* (S. 126–159). Frankfurt am Main: Grundschulverband.
- Luder, R. (2004). Medienkompetenz im sonderpädagogischen Unterricht. *Schweizeri-sche Zeitschrift für Heilpädagogik*, 10(4), 16–22.
- Manske, C. (2011). *Das Down-Syndrom: begabte Kinder im Unterricht*. Berlin: Leh-manns.
- Maaß, C. (2015). *Leichte Sprache. Das Regelbuch*. [https://www.uni-hildesheim.de/me-dia/fb3/uebersetzungswissenschaft/Leichte\\_Sprache\\_Seite/Publikationen/Regel-buch\\_komplett.pdf](https://www.uni-hildesheim.de/me-dia/fb3/uebersetzungswissenschaft/Leichte_Sprache_Seite/Publikationen/Regel-buch_komplett.pdf) [27.04.2021]
- Matthesius, R. (1995). *Internationale Klassifikation der Schädigungen, Fähigkeitsstö-rungen und Beeinträchtigungen*. Berlin, Wiesbaden: Ullstein Mosby.

- Mayer, R. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Mayer, J. (2013). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 56 – 61). Hallbergmoos: Aulis-Verlag.
- Mayerle, M. (2015). „Woher hat er die Idee?“ *Selbstbestimmte Teilhabe von Menschen mit Lernschwierigkeiten durch Mediennutzung*. Siegen: Universitätsverlag Siegen.
- Mayrberger K. (2014). Tablets im Unterricht – mehr als ein Hype. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 63(5), 5–7
- Mayrberger K. (2018). Rahmenbedingungen für die Gestaltung von Lernumgebungen mit mobilen Endgeräten. In C. de Witt & C. Gloerfeld (Hrsg.), *Handbuch Mobile Learning* (S. 63–82). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Mayring, P. (2008). Neuere Entwicklungen in der qualitativen Forschung und der Qualitativen Inhaltsanalyse In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 7–19), Weinheim: Beltz:
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2012). *Conducting Educational Design Research*. London, New York: Routledge.
- Medienberatung NRW (2018). *Medienkompetenzrahmen NRW*. [https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR\\_ZMB\\_MKR\\_Broschuere\\_2018\\_08\\_Final.pdf](https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Broschuere_2018_08_Final.pdf) [10.12.2021]
- Meijer, J.W. (2010). *Special Needs Education in Europe: Inclusive Policies and Practices*. <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/136/136> [29.05.2023].
- Meister, I., Pacheco, F., Ono, E., de Magalhães, S., de Lira, T., de Freitas Alves, M., Margeci L., Pardim, V., Gaspar, J., Júnior, M., Gongora, D. (2017). Universal Design to a Learning Environment-Object Adding Network as Condition and Data Visualization as Framework to Provide Universal Access. *Lecture notes in computer science*, 10279, 247–258.
- Melle, I. (2017). *Chemie- und Naturwissenschaftsunterricht in inklusiven Lerngruppen Unterrichtsgestaltung auf Basis des Universal Design for Learning (UDL)*. Vortragsfolien: QUA-LiS NRW, Soest, 16.10.2017.
- Merrens, H. (2003). Auswahlverfahren, Sampling, Fallkonstruktion. In U. Flick, E. von Kardorff, I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (S. 286–298). Hamburg: Reinbek.
- Mertes, J. P. (1990). Unterrichtsplanung in der Schule für Geistigbehinderte. In E. Fischer & J. P. Mertes (Hrsg.), *Unterrichtsplanung in der Schule für Geistigbehinderte* (S. 9–30). Dortmund: LÖer.
- Meyer, H. (2007). *Leitfaden Unterrichtsvorbereitung*. Berlin: Cornelsen.
- Michna, D., Melle, I. & Wember, F. (2016). Gestaltung von Unterrichtsmaterialien auf Basis des Universal Design for Learning. Am Beispiel des Chemieanfangsunterrichts in der Sekundarstufe, *Sonderpädagogische Förderung heute*, 61(3), 286–303.
- Miessler, M. & Bauer, I. (1994). *Wir lernen denken*. Rheinbreitbach: Dürr & Kessler.

- Mikelskis, H. (2006). Physikunterricht als Beitrag zur Bewältigung gesellschaftlicher Schlüsselprobleme. In: H. Mikelskis (Hrsg.), *Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 11 – 37). Berlin: Cornelsen.
- Ministerium für Bildung, Frauen und Jugend Rheinland-Pfalz (2001). *Richtlinien für die Schule mit dem Förderschwerpunkt ganzheitliche Entwicklung und Lehrplan zur sonderpädagogischen Förderung von Schülerinnen und Schülern mit dem Förderbedarf ganzheitliche Entwicklung*. <https://lehrplaene.bildung-rp.de/?category=6> [19.10.2021]
- Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft Saarland (2004). *Lehrplan für die Schule für Geistigbehinderte*. [https://www.saarland.de/SharedDocs/Downloads/DE/mbk/Lehrplaene/Lehrplaene\\_Foerderschulen/LP\\_FS\\_G/LP\\_Foerderschule\\_geistige\\_Entw\\_2004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.saarland.de/SharedDocs/Downloads/DE/mbk/Lehrplaene/Lehrplaene_Foerderschulen/LP_FS_G/LP_Foerderschule_geistige_Entw_2004.pdf?__blob=publicationFile&v=1) [19.10.2021]
- Ministerium für Bildung und Kindertagesförderung Mecklenburg-Vorpommern (2023). *Rahmenplan. Schule mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Primarstufe, Sekundarstufe I und Berufsbildungsstufe*. [https://www.bildung-mv.de/export/sites/bildungsserver/downloads/unterricht/rahmenplaene-allgemeine-foerderschule/RP\\_geistige\\_Entwicklung.pdf](https://www.bildung-mv.de/export/sites/bildungsserver/downloads/unterricht/rahmenplaene-allgemeine-foerderschule/RP_geistige_Entwicklung.pdf) [05.08.2023]
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (2002). *Lehrplan. Sonderschulen, Grundschule, weiterführende allgemeinbildende Schulen und berufsbildende Schulen. Sonderpädagogische Förderung*. [https://fachportal.lernnetz.de/files/Fachanforderungen%20und%20Leitfäden/Sek.%20II/Lehrpläne/Lehrplan\\_Sonderpädagogische\\_Förderung.pdf](https://fachportal.lernnetz.de/files/Fachanforderungen%20und%20Leitfäden/Sek.%20II/Lehrpläne/Lehrplan_Sonderpädagogische_Förderung.pdf) [19.10.2021]
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2009). *Bildungsplan der Schule für Geistigbehinderte*. [https://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents\\_E859681902/lsw/Bildungsplaene/Bildungsplaene-SBBZ/SBBZ-GE/BPL\\_SchuleGeistigbehinderte\\_online\\_oV.pdf](https://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents_E859681902/lsw/Bildungsplaene/Bildungsplaene-SBBZ/SBBZ-GE/BPL_SchuleGeistigbehinderte_online_oV.pdf) [13.12.2020]
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2022). *Bildungsplan Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung*. [https://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/Bildungsplaene\\_SOP\\_PDF](https://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/Bildungsplaene_SOP_PDF) [10.01.2023]
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSB] (1980). *Richtlinien für die Schule für Geistigbehinderte (Sonderschule) in Nordrhein-Westfalen*. Köln: Greven.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSB] (1985). *Richtlinien für die Förderung schwerstbehinderter Schüler in Sonderschulen und Hinweise für den Unterricht*. Köln: Greven.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSB] (2002). *Richtlinien für den Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung (Entwurf)*. [https://www.verband-sonderpaedagogik-nrw.de/fileadmin/uploads\\_user\\_LV\\_NRW/pdf\\_Richtlinien/Geistige\\_Entwicklung.pdf](https://www.verband-sonderpaedagogik-nrw.de/fileadmin/uploads_user_LV_NRW/pdf_Richtlinien/Geistige_Entwicklung.pdf) [19.10.2021]
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSB] (2011). *Kernlehrplan für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen. Lernbereich Biologie, Chemie, Physik*. [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene\\_download/hauptschule/NW\\_HS\\_KLP\\_Endfassung.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/hauptschule/NW_HS_KLP_Endfassung.pdf) [12.10.2021]

- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSB] (2016). *Verordnung über den Zugang zum nordrhein-westfälischen Vorbereitungsdienst für Lehrämter an Schulen und Voraussetzung bundesweiter Mobilität (Lehramt-zugangsverordnung - LZV)*.  
[https://recht.nrw.de/lmi/owa/br\\_show\\_historie?p\\_id=22500](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_show_historie?p_id=22500) [21.05.2021]
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSB] (2022). *Richtlinien für den Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung*.  
[https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lp\\_GE/zdbg\\_riLi\\_foerderschwerpunkt\\_geistige\\_entwicklung\\_\\_2022\\_06\\_07.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lp_GE/zdbg_riLi_foerderschwerpunkt_geistige_entwicklung__2022_06_07.pdf) [12.02.2023].
- Moser, V. & Kipf, S. (2015). Inklusion und Lehrerbildung – Forschungsdesiderata. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 29–38). Stuttgart: Kohlhammer.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext: Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Darmstadt: Cornelsen.
- Mühl, H. (1999). Sonderpädagogische Maßnahmen. In G. Neuhäuser & H.-C. Steinhausen (Hrsg.). *Geistige Behinderung. Grundlagen, klinische Syndrome, Behandlung und Rehabilitation*. (S. 252–263). Stuttgart: Kohlhammer
- Mühl, H. (2000). *Einführung in die Geistigbehindertenpädagogik*. Berlin: Kohlhammer.
- Musenberg, O., Riegert, J., Dworschak, W., Ratz, C., Terfloth, K. & Wagner, M. (2008). In Zukunft Standard-Bildung? Fragen im Hinblick auf den Förderschwerpunkt „Geistige Entwicklung“. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 3(53), 306–316.
- Musenberg, O. & Pech, D. (2011). Geschichte thematisieren – historisch lernen. In C. Ratz (Hrsg.), *Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Fachorientierung und Inklusion als didaktische Herausforderungen* (S. 217–241). Oberhausen: Athena.
- Musenberg, O. & Riegert J. (2015). Inklusiver Fachunterricht als didaktische Herausforderung. O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.), *Didaktik und Differenz* (S.13–28). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Muth, L. & Erb, R. (2018). Inklusives Experimentieren im Physikunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 121–124). [https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16753/pdf/Maurer\\_2018\\_Naturwissenschaftliche\\_Bildung\\_als\\_Grundlage.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16753/pdf/Maurer_2018_Naturwissenschaftliche_Bildung_als_Grundlage.pdf) [27.07.2021]
- Nachtigall, D. (1993). Krise des Physikunterrichts – Fünf Thesen zu einem aktuellen Thema. *Plus Lucius*, 1(93), 5–9.
- Nehring, A. & Bohlmann, M. (2016). Inklusion als Herausforderung und Chance für die naturwissenschaftliche Theoriebildung. In O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.), *Didaktik und Differenz* (S. 148–163). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Nehring, A. & Walkowiak, M. (2017). Eine inklusive Lernumgebung ist nicht genug: Fachspezifik, Theoretisierung und inklusive Unterrichtsentwicklung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Zeitschrift für Inklusion*. <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/450/334> [20.06.2021]



- Nelson, L. (2014). *Design and Deliver. Planning and Teaching Using Universal Design for Learning*. Baltimore: Paul H. Brooks Publishing Co.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Berlin: Springer Spektrum.
- Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H. & Fischer, H. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125–143.
- Niedersächsischen Kultusministerium (2019a). *Kerncurriculum für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Primarbereich. Schuljahrgänge 1–4*. [https://www.landtag-niedersachsen.de/drucksachen/drucksachen\\_18\\_05000/03501-04000/18-03503.pdf](https://www.landtag-niedersachsen.de/drucksachen/drucksachen_18_05000/03501-04000/18-03503.pdf) [19.10.2021]
- Niedersächsischen Kultusministerium (2019b). *Kerncurriculum für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Sekundarbereich I. Schuljahrgänge 5–9*. [https://www.nibis.de/uploads/nlq-huhn/kc\\_foerderschwerpunkt\\_geistige\\_entwicklung\\_sekundarbereich\\_i.pdf](https://www.nibis.de/uploads/nlq-huhn/kc_foerderschwerpunkt_geistige_entwicklung_sekundarbereich_i.pdf) [19.10.2021]
- Noll, A., Roth, J. & Scholz, M. (2020). Lesebarrieren im inklusiven Mathematikunterricht überwinden – visuelle und sprachliche Unterstützungsmaßnahmen im empirischen Vergleich. *Journal für Mathematik Didaktik*, 41(1), 157–190
- Nußbeck, S. (2008). Einführung. In S. Nußbeck, A. Biermann, & H. Adam (Hrsg.), *Sonderpädagogik der geistigen Entwicklung. Handbuch der Sonderpädagogik* (S. 3–4). Göttingen: Hogrefe.
  
- Oehlerking-Bähre, H. (1992). *Martin Wagenscheins Beitrag zur Pädagogik und Didaktik*. Hannover: Univ., Diss.
- Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.
- Opaschowski, H. (1997). Konturen einer neuen Medien-Generation. Herausforderung an die Pädagogik. In J. Fromme & R. Freericks (Hrsg.), *Freizeit zwischen Ethik und Ästhetik* (S. 68–78). Berlin: Luchterhand.
  
- Parchmann, I. & Prenzel, M. (2003). Kompetenz entwickeln: Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 14 (76/77), 15-19.
- Pawlak, F. & Groß, K. (2020). Das Experimentieren in inklusiven Lerngruppen. (An-)Leiten lernen. *k:ON - Kölner Online Journal für Lehrer\*innenbildung*, 2, (214–232). [https://journals.ub.uni-koeln.de/index.php/k\\_ON/article/view/293/576](https://journals.ub.uni-koeln.de/index.php/k_ON/article/view/293/576)
- Petko, D., Waldis, M., Pauli, C. & Reusser, K. (2003). Methodologische Überlegungen zur videogestützten Forschung in der Mathematikdidaktik, Ansätze der TIMSS 1999 Video Studie und ihrer schweizerischen Erweiterung, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 35(6), 265–281.
- Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München: Oldenbourg.

- Piaget, J. & Inhelder, B. (1969). *Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde. Erhaltung und Atomismus*. Stuttgart: Klett.
- Piaget, J. (1999). *Über Pädagogik*. Weinheim: Beltz.
- Piezunka, A., Grosche, M. & Schaffus, T. (2017). Vier Definitionen von schulischer Inklusion und ihr konsensueller Kern. Ergebnisse von Experteninterviews mit Inklusionsforschenden. *Unterrichtswissenschaft*, 45(4), 207–222.
- Pineker-Fischer, A. (2017). *Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Umgang von Lehrpersonen in soziokulturell heterogenen Klassen mit Bildungssprache*. Wiesbaden: Springer
- Pitsch, H.-J. (2002). *Zur Didaktik und Methodik der Förderung der Handlungsfähigkeit Geistigbehinderter*. Oberhausen: Athena.
- Pitsch, H.-J. & Thümmel, I. (2005). *Handeln im Unterricht. Zur Theorie und Praxis des Handlungsorientierten Unterrichts mit Geistigbehinderten*. Oberhausen: Athena-Verlag.
- Pitsch, H.-J. & Thümmel, I. (2011). *Zur Didaktik und Methodik des Unterrichts mit geistig Behinderten*. Oberhausen: Athena.
- Pitsch, H.-J. (2015). Vorwort. In K. Terfloth & S. Bauersfeld (Hrsg.), *Schüler mit geistiger Behinderung unterrichten. Didaktik für Förder- und Regelschüler* (S. 9–10). München: Reinhardt.
- Plomp, T. (2007). Educational Design Research: An Introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Hrsg.), *An Introduction to Educational Design Research* (S. 9–36). Enschede: SLO – Netherlands institute for curriculum development.
- Pola, A. & Koch, S. (2019). Berufsfeld Förderschulen. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch. Inklusion und Medienbildung* (S. 132–140). Weinheim, Basel: Beltz.
- Poncelas, A. & Murphy, G. (2007). Accessible Information for People with Intellectual Disabilities: Do Symbols Really Help? *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 20 (5), 466–474.
- Prediger, S. & Link, M. (2012). Fachdidaktische Entwicklungsforschung – ein lernprozessfokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer und H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate Fachdidaktischer Forschung* (S. 29– 46). Münster: Waxmann.
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Thiele, J. & Ralle, B. (2012). Lehr- Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell, *MNU*, 65(8), 452–457.
- Prediger, S., Gravemeijer, K. & Confrey, J. (2015). Design research with a focus on learning processes – an overview on achievements and challenges. *ZDM Mathematics Education*, 47(6), 877–891.
- Prediger, S. (2016). Inklusion im Mathematikunterricht. Forschung und Entwicklung zur fokussierten Förderung statt rein unterrichtsmethodischer Bewältigung In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zur Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 361 – 372). Münster: Waxmann.

- Prengel, A. (2016). Didaktische Diagnostik als Element alltäglicher Lehreraarbeit. „Formatives Assessment im inklusiven Unterricht“. In B. Amrhein (Hrsg.), *Diagnostik im Kontext inklusiver Bildung. Theorien, Ambivalenzen, Akteure, Konzepte* (S. 49–63). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Prenzel, M., Sälzer, C., Klieme, E. & Köller, O. (2013). *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*. Münster: Waxmann.
- Probst, C., Seibert J. & Huwer, J. (2020). Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. To-do-Apps und Multitouch-Experiment-Instructions als Instrument zur Förderung der Selbstregulation. *Computer + Unterricht*, 30(117), 14–17
- Prütz, F. & Lange, C. (2016). Daten zu Behinderung und Teilhabe in Deutschland. Anforderungen, Auswertungsmöglichkeiten und Ergebnisse. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 59(9), 1103–1116.
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur - Landesinstitut für Schulen NRW [QUA-LiS NRW]. Inklusiver Fachunterricht. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusive-fachunterricht/inklusive-fachunterricht/index.html> [16.09.2021]
- Ratz, C. (2011). Zur Bedeutung einer Fächerorientierung. In C. Rat. (Hrsg.), *Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Fachorientierung und Inklusion als didaktische Herausforderung* (S. 9–40). Bielefeld: W. Bertelsmann.
- Ratz, C. (2013). Zur aktuellen Diskussion und Relevanz des erweiterten Lesebegriffs. *Empirische Sonderpädagogik*, 4(5), 343 –360.
- Ratz, C. (2017). Inklusiv Didaktik für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In E. Fischer & C. Ratz (Hrsg.), *Inklusion – Chancen und Herausforderungen für Menschen mit geistiger Behinderung* (S. 172 – 191). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Rauh, H. & Calvet, C. (2005). Besonderheiten der Bindungsentwicklung bei Kindern mit Down-Syndrom. Mit Fallvignetten von Claudine Calvet. *Frühförderung interdisziplinär*, 24(2), 65–73.
- Reich, K. (2012). *Methodenpool*. [http://methodenpool.uni-koeln.de/apprenticeship/frameset\\_apprenticeship.html](http://methodenpool.uni-koeln.de/apprenticeship/frameset_apprenticeship.html) [08.08.2017].
- Reicher, H. & Matischek-Jauk, M. (2018). Sozial-emotionales Lernen in der Schule – Konzepte – Potenzial – Evidenzbasierung. In M. Huber & S. Krause (Hrsg.), *Bildung und Emotion* (S. 249–268). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung, *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.
- Rincke, K. & Leisen, J. (2015). Sprache im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 635–655). Berlin: Springer Spektrum
- Roelle, J., Lachner, A. & Heitmann, S. (2023). *Lernen. Theorien und Techniken*. Stuttgart: UTB.
- Rohrbach-Lochner, F. (2019). *Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerbildung zu Schülervorstellungen – Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminarkonzepts*. Berlin: Logos-Verlag.

- Rose, D. & Gravel, J. (2010). Universal Design for Learning. In P. Peterson, E. Baker & B. McGaw (Hrsg.), *International encyclopedia of education* (S. 119–124). Oxford: Elsevier.
- Rott, L. & Marohn, A. (2015). Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben – Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research. *Zeitschrift für Inklusion*, (4). <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/325/277> [19.10.2021]
- Rott, L. & Marohn, A. (2016). Entwicklung und Erprobung einer an Schülervorstellungen orientierten Unterrichtskonzeption für den inklusiven Sachunterricht. Choice“^2“explore. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zur Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 371–388). Münster: Waxmann.
- Rott, L. (2018). *Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren. Die Unterrichtskonzeption „choice2explore“*. Berlin: Logos-Verlag.
- Sabo, T. & Terfloth, K. (2011). Lebensqualität durch tätigkeits- und arbeitsweltbezogene Angebote. In A. Fröhlich, N. Heinen, T. Klauß & W. Lamers (Hrsg.), *Schwere und mehrfache Behinderung – interdisziplinär* (S. 345–366). Oberhausen: Athena.
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (2017). *Lehrplan der Schule mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Sachunterricht*. <https://www.bildung.sachsen.de/apps/lehrplandb/> [19.10.2021]
- Sarimski, K. (2005). Kognitive Prozesse bei Menschen mit geistiger Behinderung. In D. Irblich, & B. Stahl (Hrsg.), *Menschen mit geistiger Behinderung. Psychologische Grundlagen, Konzepte und Tätigkeitsfelder* (S. 148–204). Göttingen: Hogrefe.
- Sarimski, K. (2013). Psychologische Theorien geistiger Behinderung. In G. Neuhäuser, H.-C. Steinhausen, F. Häbeler & K. Sarimski (Hrsg.), *Geistige Behinderung. Grundlagen, Erscheinungsformen und klinische Probleme, Behandlung, Rehabilitation und rechtliche Aspekte* (S. 44–58). Stuttgart: Kohlhammer.
- Saye, J.W. & Brush, T. (2002). Scaffolding Critical Reasoning About History and Social Issues in Multimedia-Supported Learning Environments, *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77–96.
- Schäfer, H. (2009). Lesen und schreiben im Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung. Historische Entwicklungen und neue Ansätze im Sinne einer subjektbezogenen Didaktik. *Teilhabe*, 48(4), 196–201.
- Schäfer, H. (2017). *Unterrichtsplanung im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Das MehrPerspektivenSchema als didaktischer Orientierungsrahmen*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Schanze S. & Girwidz R. (2018). Lernen mit digitalen Medien. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 177–192). Berlin: Springer.
- Schaumburg, H. & Prasse, D. (2019). *Medien und Schule*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.), *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*, *Zeitschrift für Pädagogik*, 44. Beiheft, (S. 28 – 53), Weinheim: Beltz.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 12, 45–66.
- Schecker, H., Neumann, K., Theyßen, H., Eickhorst, B. & Dickmann, M. (2016). Stufen experimenteller Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 197–213.
- Schiefer, F., Schlummer, W., & Schütte, U. (2011). Politische Bildung für alle?! – Anbahnung von Politik- und Demokratie-Kompetenz bei Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In C. Ratz (Hrsg.), *Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Fachorientierung und Inklusion als didaktische Herausforderung* (S. 241–261). Oberhausen: Athena.
- Schluchter, J.-R. (2019). Methoden inklusiver Medienbildung. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch. Inklusion und Medienbildung* (S. 198–209). Weinheim, Basel: Beltz.
- Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. Universal Design for Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 61(3), 270–285
- Schmidt, B. (2014). *Physikunterricht in schwierigen Lehr- und Lernsituationen: eine Studie über den Physikunterricht in Förderschulen mit dem Förderschwerpunkt der emotionalen und sozialen Entwicklung*. Hamburg: Kovač.
- Scholz, M. (2015). Elektrizitätslehre – Didaktische Überlegungen im Kontext heterogener Ausgangslagen aus sonderpädagogischer Sicht. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 113-125). Stuttgart: Kohlhammer.
- Scholz, M., Dönges, C., Dechant, C. & Endres, A. (2016). Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Vermeidung von Lesebarrieren bei naturwissenschaftlichen Schülerexperimenten. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67(10), 454–464.
- Scholz, M., Dechant, C., Dönges, C. & Risch, B. (2018). Naturwissenschaftliche Inhalte für Schülerinnen und Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen aufbereiten. Entwicklung und Evaluation von Lernmaterialien für den Bereich Umweltbildung mithilfe eines Design-Based Research-Ansatzes. *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 87(4), 318–335.
- Schreiber, N., Heike Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! In *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid)*, 3(8), 92–101.
- Schreier, M. (2014). Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 15(1), Art. 18. <https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/2043/3636> [12.10.2022]
- Schröder, H. (2000). *Lernen – Lehren – Unterricht. Lernpsychologische und didaktische Grundlagen*. München: Oldenbourg.
- Schröder, J., Riese, J., Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., Schecker, H. (2020). Die Messung der Fähigkeit

- zur Unterrichtsplanung im Fach Physik mit Hilfe eines standardisierten Performanztests. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 103–122.
- Schroeter-Brauss, S., Wecker, V. & Henrici, L. (2018). *Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Einführung*. Münster: Waxmann.
  - Schulz, C. (o.J.). *Das Product Backlog – Anforderungen an ein Produkt verwalten*. <https://www.consulting-life.de/product-backlog/> [05.04.2023]
  - Schuntermann, M. (2004). *Einführung in die ICF. Grundkurs – Übungen – Offene Fragen*. Landsberg: ecomed Medizin.
  - Schuntermann, M. (2011). 10 Jahre ICD. Erfahrungen und Probleme. *Hallesche Beiträge zu den Gesundheits- und Pflegewissenschaften*, 10(2). <https://digital.bibliothek.uni-halle.de/pe/content/titleinfo/2345442> [30.08.2022].
  - Schuppener, S., Bernhardt, N., Hauser, M. & Poppe, F. (2014). Einführung. In S. Schuppener, N. Bernhardt, M. Hauser & F. Poppe, Frederick (Hrsg.), *Inklusion und Chancengleichheit. Diversity im Spiegel von Bildung und Didaktik* (S. 11–16). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
  - Schurad, H. (2006). *Curriculum Sachunterricht für die Schule für Geistigbehinderte*. Oberhausen: Athena.
  - Schütte, U. & Schlummer, W. (2016). *Schülermitverantwortung. Förderschulen und inklusive Schulen erfolgreich gestalten*. Stuttgart: Kohlhammer.
  - Schwab, S., Goldan, J. & Hoffmann, L. (2019). Individuelles Feedback als Bestandteil inklusiven Unterrichts? Eine empirische Studie über die Wahrnehmung von individuellem Lehrkraftfeedback aus Schülersicht. In M. Vierbuchen & F. Bartels F (Hrsg.), *Feedback in der Unterrichtspraxis. Schülerinnen und Schüler beim Lernen wirksam unterstützen* (S. 95–106). Stuttgart: Kohlhammer:
  - Schwalb, H. & Theunissen, G. (2009). Vorwort. In H. Schwalb & G. Theunissen (Hrsg.), *Inklusion, Partizipation und Empowerment in der Behindertenarbeit. Best-Practice-Beispiele: Wohnen-Leben-Arbeiten-Freizeit* (S. 7–10). Stuttgart: Kohlhammer.
  - Scruggs, T. & Mastropieri M. (2007). Science Learning in Special Education: The Case for Constructed Versus Instructed Learning, *Exceptionality*, 15(2), 57–74.
  - Scruggs, T., Mastropieri, M. & Okolo, C. (2008). Science and Social Studies for Students with Disabilities. *Focus on exceptional children*, 41(2), 1–24.
  - Scruggs, T., Mastropieri, M., Berkeley, S., & Graetz, J. (2010). Do Special Education Interventions Improve Learning of Secondary Content? A Meta-Analysis. *Remedial and Special Education*, 31(6), 437–449.
  - Seitz, S. (2004). Forschungslücke inklusive Fachdidaktik – ein Problemaufriss. In I. Schnell & A. Sander (Hrsg.), *Inklusive Pädagogik* (S. 215–231). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
  - Seidel, T., Meyer, L. & Dalehefte, M. (2005). "Das ist mir in der Stunde gar nicht aufgefallen..." – Szenarien zur Analyse von Unterrichtsaufzeichnungen. In M. Welzel (Hrsg.), *Nimm doch mal die Kamera!* (S. 133–154). Münster: Waxmann.
  - Seidel, T. & Thiel, F. (2017). Standards und Trends der videobasierten Lehr-Lernforschung. In T. Seidel, T. & F. Thiel (Hrsg.), *Videobasierte Unterrichtsforschung*.

*Analysen von Unterrichtsqualität, Gestaltung von Lerngelegenheiten und Messung professionellen Wissens. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 20 Sonderheft, 1–21.*

- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (1998). Empfehlungen zum Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1998/1998\\_06\\_20\\_FS\\_Geistige\\_Entwickl.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1998/1998_06_20_FS_Geistige_Entwickl.pdf) [30.08.2021]
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf) [14.04.2021]
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2005). *Aktivitäten der Länder zur Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2005/2005\\_03\\_18-Weiterentwicklung-mathem-naturwiss-Unterricht.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2005/2005_03_18-Weiterentwicklung-mathem-naturwiss-Unterricht.pdf) [14.04.2021]
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2009). *Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2009/2009\\_05\\_07-Empf-MINT.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf) [14.04.2021]
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2010). *Pädagogische und rechtliche Aspekte der Umsetzung des Übereinkommens der Vereinten Nationen vom 13. Dezember 2006 über die Rechte von Menschen mit Behinderungen (Behindertenrechtskonvention – VN-BRK) in der schulischen Bildung*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2010/2010\\_11\\_18-Behindertenrechtkonvention.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2010/2010_11_18-Behindertenrechtkonvention.pdf) [30.08.2022]
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2011). *Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2011/2011\\_10\\_20-Inklusive-Bildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_10_20-Inklusive-Bildung.pdf) [30.08.2022]
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2012). *Medienbildung in der Schule*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2012/2012\\_03\\_08\\_Medienbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_03_08_Medienbildung.pdf) [10.12.2021]
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz, Beschluss der Kultusministerkonferenz*.
- [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie\\_2017\\_mit\\_Weiterbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf) [10.12.2021]
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2021). *Empfehlungen zur schulischen Bildung, Beratung und Unterstützung von Kindern und Jugendlichen im sonderpädagogischen Schwerpunkt Geistige Entwicklung*.

- [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2021/2021\\_03\\_18-Empfehlungen-Schwerpunkt-Geistige-Entwicklung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_03_18-Empfehlungen-Schwerpunkt-Geistige-Entwicklung.pdf) [06.09.2022].
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2022). *Sonderpädagogische Förderung in allgemeinen Schulen (ohne Förderschulen) 2021/2022*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Daten/pdf/Statistik/Dokumentationen/Aus\\_SoPae\\_Int\\_2021.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Daten/pdf/Statistik/Dokumentationen/Aus_SoPae_Int_2021.pdf) [24.07.2023]
  - Senator für Bildung und Wissenschaft Bremen (2002). *Sonderpädagogische Förderung Rahmenplan für die Primarstufe, die Sekundarstufe I und II*. <https://www.lis.bremen.de/schulqualitaet/curriculumentwicklung/bildungsplaene/sonderpaedagogik-15324> [10.01.2023]
  - Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (2011). Rahmenlehrplan. Eingangsstufe bis Oberstufe bzw. Jahrgangsstufe 1 bis Jahrgangsstufe 10 für Schülerinnen und Schüler mit dem sonderpädagogischen Förderschwerpunkt „Geistige Entwicklung“. [https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/schulen\\_mit\\_sonderpaedagogischem\\_Foerderschwerpunkt/pdf/Geistige\\_Entwicklung\\_RLP\\_Sonderpaed\\_2011\\_Berlin\\_Brandenburg.pdf](https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/schulen_mit_sonderpaedagogischem_Foerderschwerpunkt/pdf/Geistige_Entwicklung_RLP_Sonderpaed_2011_Berlin_Brandenburg.pdf) [19.10.2021]
  - Seufert, S. (2014). Potenziale von Design Research aus der Perspektive der Innovationsforschung In D. Euler & P. Sloane (Hrsg.), *Design-Based-Research* (S. 78–96). Stuttgart: Franz Steiner.
  - Shamos, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick: Rutgers University Press.
  - Simon, T. & Pech, D. (2018). Partizipation. (2. überarb. Fassung vom 15.10.2018). In J. Frohn (Hrsg.), *FDQI-HU-Glossar*. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin. <http://www.hu-berlin.de/fdqi/glossar> [30.08.2022]
  - Smith, G., Schmidt, M., Edelen-Smith, P. & Cook, B. (2013). Pasteur’s Quadrant as the Bridge Linking Rigor With Relevance. *Exceptional Children*, 79(2), 147–161.
  - Speck, O. (1999). *Menschen mit geistiger Behinderung und ihre Erziehung. Ein heilpädagogisches Lehrbuch*. München: Reinhardt.
  - Speck, O. (2004). Marktgesteuerte Qualität – eine neue Sozialphilosophie? In F. Peterander & O. Speck, O. (Hrsg.), *Qualitätsmanagement in sozialen Einrichtungen* (S. 15–30). München: Reinhardt.
  - Speck, O. (2012). *Menschen mit geistiger Behinderung. Ein Lehrbuch zur Erziehung und Bildung*. München: Reinhardt.
  - Spörhase-Eichmann, U. (2015). *Biologie Didaktik. Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen.
  - Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung [ISB] (2022). LehrplanPLUS Förderschule Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/sixcms/media.php/119/LehrplanPLUS%20Förderschule%20-%20Förderschwerpunkt%20geistige%20Entwicklung%20-%20Juli%202022.pdf> [10.01.2022]
  - Stadermann, M, & Schulz-Zander, R. (2012). Dimensionen unterrichtlicher Interaktion bei der Verwendung digitaler Medien. In R. Schulz-Zander, B. Eickelmann, H. Moser, H. Niesyto & P. Grell (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik 9. Qualitätsentwicklung in*



- der Schule und medienpädagogische Professionalisierung* (S. 51–80). Wiesbaden: Springer.
- Stahl, S. (2010). Alle unter einen Hut? Wenn Heterogenität auf einmal Normalfall ist. Die UN-Behindertenrechtskonvention verändert Schule. *Bildung bewegt*, 3(3), 4–7.
  - Stäudel, L. (2003). Naturwissenschaftliches Arbeiten. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 14(76/77), 4–6.
  - Stefanich, G., Keller Jr. E., Payne, C., & Davison, J. (2001). Classroom and Laboratory Modifications for Students with Disabilities. In G. P. Stefanich (Hrsg.), *Science Teaching in Inclusive Classrooms: Models & Applications* (S. 1–60). Cedar Falls, Iowa: Woolverton Printing Company.
  - Steinke, I. (1999). *Kriterien qualitativer Forschung. Ansätze zur Bewertung qualitativ-empirischer Sozialforschung*. Weinheim: Juventa.
  - Steinmann, A. (2021). *Herausfordernde Lernaufgaben und herausforderndes Verhalten. Förderungsorientierte Partizipation in technischen Gestaltungsprozessen des Primarbereichs*. <https://ul.qucosa.de/api/qucosa%3A78043/attachment/ATT-0/> [28.02.2021]
  - Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *Ristal*, 3, 30–45.
  - Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderung heute. 4. Beiheft. Naturwissenschaften und Inklusion* (S. 161–175). Weinheim: Beltz Juventa.
  - Stinkes, U. (1999). Auf der Suche nach einem veränderten Bildungsbegriff. *Behinderte in Familie, Schule und Gesellschaft*. <https://katalog.ub.uni-koeln.de/portal/users/id/22837/databases/id/eds/titles/id/edsfis::edsfis.557170.html?l=de> [23.11.2020]
  - Stokes, E. (1997). *Pasteur's Quadrant*. Washington DC: Brookings Institution Press.
  - Stöppler, R. & Wachsmuth, S. (2010). *Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung. Eine Einführung in didaktische Handlungsfelder*. Paderborn: Schöningh.
  - Stöppler, R. (2014). *Einführung in die Pädagogik bei geistiger Behinderung*. Stuttgart: UTB.
  - Stuart, H. & Klages, G. (2009). *Kurzes Lehrbuch der Physik*. Springer, Berlin: Springer.
  - Sodian, B. (2002). Entwicklung begrifflichen Wissens. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 443–468). Weinheim: Beltz.
  - Sodian, B. (2012). Denken. In R. Lindenberger, W. Schneider & R. Oerter (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie. Vormalis R. Oerter & L. Montada* (S. 385–412). Weinheim: Beltz.
  - Straßmeier, W. (1997). *Didaktik für den Unterricht mit geistigbehinderten Schülern*. München: Reinhardt.
  - Straßmeier, W. (2000). *Didaktik für den Unterricht mit geistigbehinderten Schülern*. Stuttgart: UTB.

- Sührig, L. & Erb, R. (2020). Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*. (S. 740–743). [https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2020/TB2020\\_740\\_Suehrig.pdf](https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2020/TB2020_740_Suehrig.pdf) [05.06.2021]
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138.
- Terfloth, K. & Bauersfeld, S. (2015). *Schüler mit geistiger Behinderung unterrichten. Didaktik für Förder- und Regelschule*. München: Reinhardt.
- Terhart, E. (2009). *Didaktik. Eine Einführung*. Stuttgart: Reclam.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51–69.
- Theunissen, G. (2007). *Empowerment Behinderter Menschen. Inklusion, Bildung, Heilpädagogik, Soziale Arbeit*. Freiburg i. Br.: Lambertus.
- Theunissen, G. & Kulig, W. (2009). Begriffsdiskussion, Erscheinungsformen, Prävalenz. In G. Opp & G. Theunissen (Hrsg.), *Handbuch schulische Sonderpädagogik* (S. 101 – 105). Stuttgart: UTB.
- Theunissen, G. & Schwalb, H. (2009). Einführung: Von der Integration zur Inklusion im Sinne von Empowerment. In H. Schwalb & G. Theunissen (Hrsg.), *Inklusion, Partizipation und Empowerment in der Behindertenarbeit. Best-Practice-Beispiele: Wohnen-Leben-Arbeiten-Freizeit* (S. 11–109). Stuttgart: Kohlhammer.
- Thimm, W. (1999). Epidemiologie und soziokulturelle Faktoren. In W. Dworschak, S. Kannevischer, C. Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Eine empirische Studie* (S. 27–48). Oberhausen: Athena.
- Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport (2022). *Rahmenlehrplan für den Bildungsgang zur individuellen Lebensbewältigung*. <https://www.schulportal-thueringen.de/media/detail?tspi=15802> [10.01.2023]
- Tobias, V. (2010). *Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht*. Berlin: Logos-Verlag.
- Treagust, D.F. & Tsui, C.Y. (2014). General Instructional Methods and Strategies. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 303–320). New York: Routledge.
- Trendel, G. & Lübeck, M. (2018). Die Entwicklung experimenteller Kompetenzen. Konstruktion von Aufgaben zur systematischen Kompetenzentwicklung und Kompetenzüberprüfung. In G. Trendel & J. Roß (Hrsg.), *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten. Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken* (S. 117–149), Münster: Waxmann.
- Trim, J., North, B. & Coste, D. (2001). *Gemeinsamer europäischer Referenzrahmen für Sprachen: lernen, lehren, beurteilen. Niveau A1•A2•B1•B2•C1•C2*. <https://edu.ge.ch/enseignement/sites/default/files/2021-11/referenzrahmen2001.pdf> [23.06.2022]
- Tuovinen, J. & Sweller, J. (1999). A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 91(2). <https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=260db71e-5260-40b6-9ef8->

412181c30d35%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZGUmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#  
AN= RN064265878&db=edsbl [25.09.2022]

- Unfallkasse Nordrhein-Westfalen (2011). *Barrierefreiheit. Gemeinsam lernen*. <https://www.ganztaegig-lernen.de/sites/default/files/barrierefrei.pdf> [16.09.2019]
- United Nations. (2006). *UN-Convention on the Rights of Persons with Disabilities and Optional Protocol*. <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html> [30.08.2022]
- Unterbrunner, U. (2007). Multimedia-Lernen und Cognitive Load. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S.153–164). Berlin, Heidelberg: Springer.
- van den Akker J. (1999). Principles and Methods of Development Research. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen & T. Plomp (Hrsg.), *Design Approaches and Tools in Education and Training* (S. 1–14). Dordrecht: Springer.
- Vester, F. (2003). Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. München: Dt. Taschenbuch-Verlag.
- Vester, F. (2007). *Denken, Lernen, Vergessen. Was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann läßt es uns im Stich?* München: Dt. Taschenbuch-Verlag.
- von der Groeben, A. (2008). *Verschiedenheit nutzen. Besser lernen in heterogenen Gruppen*. Berlin: Cornelsen.
- von Martial, I. & Ladenthin, V. (2002). *Medien im Unterricht. Grundlagen und Praxis der Mediendidaktik*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- von Öhsen, R., & Schecker, H. (2015). Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht: Praxiserfahrungen an Bremer Schulen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 585–587). [https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP\\_Band35.pdf](https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band35.pdf) [14.05.2022]
- Voß, R. (2002). Unterricht ohne Belehrung – Kontextsteuerung, individuelle Lernbegleitung, Perspektivenwechsel. In R. Voß (Hrsg.), *Unterricht aus konstruktivistischer Sicht. Die Welten in den Köpfen der Kinder*. (S. 35–55). Neuwied: Luchterhand.
- Wagenschein, M. (1980). *Naturphänomene sehen und verstehen*. Stuttgart: Klett.
- Wagner, M. & Kannevischer, S. (2012). Einschätzung der Kompetenzen im Bereich Sprache/Kommunikation. In W. Dworschak, S. Kannevischer, C. Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Eine empirische Studie* (S. 99–110). Oberhausen: Athena.
- Wahl, M. & Wiedecke, J. (2015). Der Einsatz des iPads/Tablets im Unterricht bei Schülerinnen und Schülern mit sonderpädagogischem Förderbedarf: eine Befragung. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 4, 191–205
- Waldis, M., Gautschi, P., Hodel, J. & Reusser, K. (2007). Die Erfassung von Sichtstrukturen und Qualitätsmerkmalen im Geschichtsunterricht – Methodische Überlegungen am Beispiel der Videostudie „Geschichte und Politik im Unterricht“. In H. Günther-

- Arndt & M. Sauer (Hrsg.), *Geschichtsdidaktisch empirisch. Untersuchungen zum historischen Denken und Lernen* (S. 155–188). Berlin: Lit-Verlag.
- Walkowiak, M. & Nehring, A. (2019). Barrierefreiheit und Testzugänglichkeit in Interventionsstudien: Universal Design for Assessment and Universal Design for Learning in einer digital-basierten Lernumgebung zur Förderung von NOS-Konzepten. In Ch. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 113–116). [https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16753/pdf/Maurer\\_2018\\_Naturwissenschaftliche\\_Bildung\\_als\\_Grundlage.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16753/pdf/Maurer_2018_Naturwissenschaftliche_Bildung_als_Grundlage.pdf) [27.07.2021]
  - Weck, H. (2022). Widgets in iBooks Author. *digital unterrichten Biologie*, 6, 2.
  - Weidemann, B. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In L. Issing & P. Klimsa, *Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis* (S. 45–62), Weinheim: Beltz.
  - Weinert, F.E. (2001). *Leistungsmessungen in den Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit*. Weinheim: Beltz.
  - Welling S. & Stolpmann, B. (2012). Mobile Computing in der Schule – Zentrale Herausforderungen am Beispiel eines Schulversuchs zur Einführung von Tablet-PCs. In R. Schulz-Zander, B. Eickelmann, H. Moser, H. Niesyto & P. Grell (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik 9. Qualitätsentwicklung in der Schule und medienpädagogische Professionalisierung* (S. 197–221). Wiesbaden: Springer
  - Wellnitz, N., Fischer, H., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H., Sumfleth E. & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 261–291.
  - Wember, F. (2013). Herausforderung Inklusion: Ein präventiv orientiertes Modell schulischen Lernens und vier zentrale Bedingungen inklusiver Unterrichtsentwicklung. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 64(10), 380–387.
  - Wember, F. & Melle, I. (2018). Adaptive Lernsituationen im inklusiven Unterricht: Planung und Analyse von Unterricht auf Basis des Universal Design for Learning. In S. Hußmann & B. Welzel (Hrsg.), *DoPro L – Das Dortmunder Pro l für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 57–72). [https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16573/pdf/Hussmann\\_Welzel\\_2018\\_DoProfil\\_Das\\_Dortmunder\\_Profil.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16573/pdf/Hussmann_Welzel_2018_DoProfil_Das_Dortmunder_Profil.pdf) [30.11.2021]
  - Wenzel, T.-R. & Morfeld, M. (2016). Das biopsychosoziale Modell und die Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit. Beispiele für die Nutzung des Modells, der Teile und der Items. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 59(9), 1125 – 1132.
  - Wiater, W. (2008). *Unterrichtsprinzipien*. Donauwörth: Auer.
  - Wiesner, H., Schecker, H., Hopf, M. (2013). *Physikdidaktik. Kompakt*. Freising: Aulis-Verlag.
  - Wild, K. (2003). Videoanalysen als neue Impulsgeber für eine praxisnahe, prozessorientierte empirische Unterrichtsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 31(2), S. 98–101.
  - Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M. & Wiesner, H. (2012). Einfluss der Sachstruktur auf das Lernen newtonscher Mechanik. In H. Bayrhuber, U. Harms, B.

- Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate fachdidaktische Forschung. Empirische Projekte – historische Analysen – theoretische Grundlegung* (S. 237–258). Münster u.a.: Waxmann.
- Wilhelm, T. & Bresges, A. (2014). Erfüllen Tablets alte Träume des Computereinsatzes. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 63(5), 4.
  - Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung* (S. 31–41). Berlin, Heidelberg: Springer.
  - Winkel, S., Petermann, F. & Petermann, U. (2006). *Lernpsychologie*. Paderborn: Schöningh.
  - Winter, L. (2014). *Barrierefreie Kommunikation – Leichte Sprache und Teilhabe für Menschen mit Lernschwierigkeiten*. Hamburg: Diplomica Verlag GmbH.
  - Wocken, H. (2011). *Das Haus der inklusiven Schule. Baustellen – Baupläne – Bausteine*. Hamburg: Feldhaus.
  - Wocken, H. (2013). *Das Haus der inklusiven Schule*. Hamburg: Feldhaus.
  - Wodzinski, R. (2007). *Eigenständig lernen – gemeinsam lernen: Beschreibung des Naturwissenschaftsmoduls G8. SINUS-Transfer Grundschule*. Kiel: IPN.
  - Wörterbuch von Menschen zuerst – Netzwerk People First Deutschland e.V. <http://www.menschzuerst.de> [14.11.2021]
  - Wygotski, L. S. (1987). *Ausgewählte Schriften*. Bd. 2. Arbeiten zur psychischen Entwicklung der Persönlichkeit. Köln: Pahl-Rugenstein.
  - Yahya, L. & Hagemann, C. (2008). Von Dampfmaschinen und dicker Luft... Naturwissenschaftlicher Unterricht an der Förderschule. *Praxis Förderschule*, 3(3), 4–5.
  - Zentrum für Internationale Vergleichsstudien [ZIB] (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster: Waxmann.
  - Zorn, I., Schluchter, J.-R. & Bosse, I. (2019). Theoretische Grundlagen inklusiver Medienbildung. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch. Inklusion und Medienbildung* (S. 19–33). Weinheim, Basel: Beltz.

## Anhang

|   |     |
|---|-----|
| Anhang 1: Auszug aus den Curricula für den Bildungsgang Geistige Entwicklung in Bezug auf das gewählte Unterrichtsthema und die fachspezifische Arbeitsweise..... | 323 |
| Anhang 2: Berechnung des Lesbarkeitsindex (LIX) mithilfe des Online-Tools auf der Internetseite Psychometrica.....  | 329 |
| Anhang 3: Überprüfung des Kontrasts zwischen Schrift- und Hintergrundfarben mithilfe der Webseite <i>barrierefreies Design</i> .....                              | 330 |
| Anhang 4: Sachanalyse zur Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“.....   | 331 |
| Anhang 5: Didaktischer Kommentar zur Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“ .....   | 336 |
| Anhang 6: Lebensweltbezug der Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“ .....  | 339 |
| Anhang 7: Reihenplanung.....  | 341 |
| Anhang 8: exemplarischer Verlaufsplan der Mikrozyklen im ersten Mesozyklus .....  | 343 |
| Anhang 9: exemplarischer Verlaufsplan der Mikrozyklen im zweiten Mesozyklus .....   | 345 |
| Anhang 10: Einwilligungserklärung Eltern (zweiter Mesozyklus).....  | 347 |
| Anhang 11: Überblick über die individuellen Kompetenz(stuf)en der Lernenden des ersten Mesozyklus.....  | 350 |
| Anhang 12: Überblick über die individuellen Kompetenz(stuf)en der Lernenden des zweiten Mesozyklus.....   | 353 |
| Anhang 13: Codiermanual für die niedrig-inferente Codierung.....  | 356 |
| Anhang 14: Codiermanual für die hoch-inferente Codierung.....   | 359 |
| Anhang 15: Texttranskriptionsregeln.....  | 374 |
| Anhang 16: Vergleich der prozentual vergebenen Codes in beiden Mesozyklen.....  | 375 |

## **Anhang 1: Auszug aus den Curricula für den Bildungsgang Geistige Entwicklung in Bezug auf das gewählte Unterrichtsthema und die fachspezifische Arbeitsweise**

### **Baden-Württemberg**

(Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2022):

- „Die Schülerinnen und Schüler
  - stellen Vermutungen auf, teilen diese mit und überprüfen sie, erfahren und erkennen naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten und kausale Beziehungen
  - stellen Vermutungen auf, teilen diese mit und überprüfen sie, erfahren und erkennen naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten und kausale Beziehungen
  - lernen Arbeitsweisen naturwissenschaftlichen Forschens kennen [...] und untersuchen Naturerscheinungen und physikalisch-chemische Phänomene sachorientiert“ (S. 26)
  - „bauen einen einfachen Stromkreis mit Kabeln, Schalter, Batterie und Birne auf“ (S. 33)

### **Bayern**

(Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung [ISB], 2022)

- gewinnen erste Einblicke in naturwissenschaftliche Vorgehensweisen zur Erkenntnisgewinnung (z. B. **Experimentieren**, Arbeiten mit Modellen) und entdecken Regelhaftigkeiten sowie Beziehungen in der Natur“ (S. 219; Herv. d. Verf.)
- „einfache Fragestellungen formulieren und Vermutungen anstellen“ (S. 688)
- „**einfache Versuche nach konkreter Anleitung durchführen**“ (S. 688; Herv. d. Verf.)
- „Ergebnisse von Versuchen auswerten und wiedergeben“ (S. 689)
- „**einfache Stromkreise bauen**, die einzelnen Teile mit Fachbegriffen (z. B. ‚Kabel‘, ‚Lämpchen‘, ‚Schalter‘, ‚Leiter‘) benennen und das Fließen bzw. Nicht-Fließen von Strom mithilfe eines Lämpchens beobachten“ (S. 691; Herv. d. Verf.)
- „Stoffe auf ihre elektrische Leitfähigkeit untersuchen“ (S. 691)

### **Berlin & Brandenburg**

Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (2011)

- „**Eröffnung von Partizipationsmöglichkeiten** in der Alltagswelt und der sachlichen Aneignung von Lebensweltthemen“ (S. 46; Herv. d. Verf.)

- „[S]ie werden an spezifische Methoden der Erkenntnisgewinnung herangeführt“ (S. 47).
- „[...] führen einfache **Experimente** durch zu naturwissenschaftlichen Feldern wie Akustik, Optik und Mechanik, Wärme, **Elektrizität** sowie Magnetismus“ (S. 57; Herv. d. Verf.)
- ordnen, dokumentieren und werten ihre Beobachtungen aus S. 57)

### Bremen

Senator für Bildung und Wissenschaft Bremen

- „Orientierung im Umfeld, Erarbeiten von Kenntnissen in den Bereichen Gesundheit, Umwelt, Natur und Technik“ (S. 47)

### Hamburg

Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Schule und Berufsbildung (2017)

- „Die Schülerinnen und Schüler werden beim Beobachten und **Experimentieren** unterstützt und setzen sich mit ihrer Lebenswelt durch Handeln und Erproben auseinander. Sie gewinnen so Einsichten in **physikalische Phänomene**, das Wetter, die Jahreszeiten und anderes mehr“ (S. 27; Herv. d. Verf.)
- „Im Sachunterricht sowie im späteren Verlauf der Schullaufbahn in den Lernbereichen Naturwissenschaft und Technik und Gesellschaftswissenschaften erhalten Schülerinnen und Schüler mit einem sonderpädagogischen Förderbedarf im Bereich geistige Entwicklung die Gelegenheit, sich entsprechend ihrer Aneignungsmöglichkeiten ein Bild von der Welt zu machen“ (S. 39)
- „[S]ie werden an spezifische Methoden der Erkenntnisgewinnung herangeführt“ (S. 39).
- „[...] führen einfache **Experimente** durch zu naturwissenschaftlichen Feldern wie Akustik, Optik und Mechanik, Wärme, **Elektrizität** sowie Magnetismus“ (S. 49; Herv. d. Verf.).
- „ordnen, dokumentieren und werten ihre Beobachtungen aus“ (S. 49)

### Hessen

Hessisches Kultusministerium (2013)

- „Die Auseinandersetzung mit der Umwelt bietet die Möglichkeit, grundlegende Prozesse im naturwissenschaftlichen Bereich zu erfahren“ (S. 30)
- „Auf der Basis **experimenteller Erfahrungen** erkennen sie den Zusammenhang von Ursache und Wirkung und werden an naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten herangeführt“ (S. 30; Herv. d. Verf.)
- „[...] stellt einen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung her“ (S. 30)



- „[...] erkennt durch Wiederholungen Regeln und erfasst Gesetzmäßigkeiten“ (S. 30)
- „[...] erkennt und unterscheidet **physikalische**, biologische und chemische Eigenschaften von Stoffen“ (S. 30; Herv. d. Verf.)

### Mecklenburg-Vorpommern

Ministerium für Bildung und Kindertagesförderung Mecklenburg-Vorpommern (2023)

- „Die Lernenden
  - beschäftigen sich mit Phänomenen in der belebten und unbelebten Natur und **untersuchen** dabei [...] sowie **physikalische** und chemische **Betrachtungsgegenstände** (z. B. **Elektrizität**, Verbrennung, Stoffe).
  - gewinnen erste Einblicke in **naturwissenschaftliche Vorgehensweisen zur Erkenntnisgewinnung** (z. B. **Experimentieren**, Arbeiten mit Modellen) und entdecken Regelmäßigkeiten sowie Beziehungen in der Natur.“ (S. 307; Herv. d. Verf.)
- „planen Handlungsabläufe z.B. bei der Durchführung von Experimenten, indem sie vorgegebene Teilschritte in eine sinnvolle Reihenfolge bringen, bzw. folgen Handlungsanleitungen und setzen die einzelnen Handlungsschritte um.“ (S. 311)
- „Die Lernenden arbeiten nach naturwissenschaftlichen Kriterien, indem sie
  - ihre Aufmerksamkeit gezielt auf eine Handlung, ein Alltagsphänomen oder ein Experiment richten.
  - einfache Fragestellungen formulieren und Vermutungen anstellen.
  - **einfache Versuche nach konkreter Anleitung durchführen.**
  - Ergebnisse von Versuchen auswerten und wiedergeben.“ (S. 328; Herv. d. Verf.)
- „Die Lernenden beobachten, **untersuchen** und benennen verschiedene Formen von **Elektrizität**, indem sie
  - **einfache Stromkreise bauen**, die einzelnen Teile mit Fachbegriffen (z. B. ‚Kabel‘, ‚Lämpchen‘, ‚Schalter‘, ‚Leiter‘) benennen und das Fließen bzw. Nicht-Fließen von Strom mithilfe eines Lämpchens beobachten.
  - Stoffe auf ihre elektrische Leitfähigkeit untersuchen.“ (S. 330; Herv. d. Verf.)

### Niedersachsen

Niedersächsischen Kultusministerium (2019a)

Primarbereich:

- „Wortschatzerweiterung unter Einbezug von Fotos, grafischen Zeichen, konkreten Materialien usw. (S. 69)
- „Begriffsaufbau durch ganzheitliche Erfassung und handelnde Annäherung“ (S. 69)
- „**Durchführungen von Experimenten und Versuchen**“ (S. 75; Herv. d. Verf.)

#### Niedersächsischen Kultusministerium (2019b)

##### Sekundarstufe I:

- „Im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung sind dabei insbesondere Methoden zu wählen, die ein handlungsorientiertes und ganzheitliches Umgehen mit den naturwissenschaftlichen Fragestellungen ermöglichen“ (S. 85).
- „Der Unterricht im Fachbereich Naturwissenschaften greift Vorerfahrungen und bereits entwickelte Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler auf und erweitert diese um ausgewählte Inhalte der drei Bezugsdisziplinen **Physik**, Chemie und Biologie. Der explizite Einbezug didaktisch-methodischer Aspekte dieser drei Fachdisziplinen für Schülerinnen und Schüler im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung trägt dem **Recht auf Bildung** und altersangemessene schulische Angebote Rechnung. Unter Berücksichtigung der Schülerschaft wird der Fachbereich Naturwissenschaften als interdisziplinärer Fachbereich verstanden, in dem Kompetenzen der drei Bezugsdisziplinen übergreifend, z.B. in Projekten, vermittelt werden können“ (S. 85; Herv. d. Verf.)
- „Durch eine Unterrichtsplanung, die immer wieder die typische naturwissenschaftliche Arbeitsweise Hypothesenbildung – **Experiment**/Erkundung – Auswertung berücksichtigt, können prozessorientierte Kompetenzen im Rahmen der Vermittlung von inhaltsbezogenen Kompetenzen sinnvoll erworben werden. Dabei ist unter Berücksichtigung der Schülerschaft zu beachten, dass alle Phasen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise didaktisch zu elementarisieren sind im Sinne der Kernideen des Fachs bzw. der Bezugsdisziplin“ (S. 86; Herv. d. Verf.)
- „Zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen gehören zum Beispiel:
  - **Experimentieren** (Fragestellungen formulieren, Hypothesen aufstellen, Untersuchungen, **Experimente** (mit) planen und (gemeinsam) **durchführen**, Ergebnisse dokumentieren und auswerten)“ (S. 88; Herv. d. Verf.)
- „Wahrnehmung und Beobachtung von Veränderungsprozessen (einfache chemische Reaktionen, **physikalische Effekte**, biologische Prozesse usw.)“ (S. 88; Herv. d. Verf.)
- „Materialien, Problemstellungen, **Experimentierstationen** usw. mit unterschiedlichen sinnlichen Zugangsmöglichkeiten“ (S. 88; Herv. d. Verf.)
- „**Experimente zur Stromerzeugung**, z.B. Solarzellen mit Elektromotor (→ **Elektrizität, Stromkreis**)“ (S. 91; Herv. d. Verf.)
- „**Pole einer Batterie** (In der Praxis: Wie muss eine Batterie eingelegt werden? +, - **Zeichen beachten**)“ (S. 92; Herv. d. Verf.)

- „**Aufbau und Bestandteile von Stromkreisläufen**“ (S. 92; Herv. d. Verf.)
- „Anwendung zur Gewinnung weiterer Erkenntnisse (**z.B. Leiter-Nichtleiter**)“ (S. 92; Herv. d. Verf.)

### Nordrhein-Westfalen

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2022)

- „Gemäß der AO-SF erstreckt sich [der Unterricht] auf die Aufgabenfelder Sprache und Kommunikation, Mathematik, gesellschaftswissenschaftlicher und **naturwissenschaftlichen Unterricht**, Arbeitslehre, Bewegungserziehung/Sport, musisch-ästhetische Erziehung und Religiöse Erziehung/Ethik. Unterrichtliche Angebote werden an den individuellen Potenzialen der Schülerinnen und Schüler ausgerichtet.“ (S. 25; Herv. d. Verf.)
- „Der Unterricht fördert auf der Ebene der fachlichen Bezüge Kompetenzen in den Aufgabenfeldern Sprache und Kommunikation, Mathematik, gesellschaftswissenschaftlicher und **naturwissenschaftlicher Unterricht**, Arbeitslehre, Bewegungserziehung/Sport, musisch-ästhetische Erziehung und Religiöse Erziehung/Ethik. Die Aufgabenfelder vermitteln allgemeingültige Bildungsinhalte, die zu einer fachlichen Grundbildung führen und einen wesentlichen Beitrag zur persönlichen Entfaltung, aktiven Teilhabe und Partizipation an Kultur und Gesellschaft leisten.“ (S. 39; Herv. d. Verf.)

### Sachsen

Sächsisches Staatsministerium für Kultus (2017)

- „Die Lehrkräfte regen die Schüler an, Gegenstände, Vorgänge und Erscheinungen mittels fachspezifischer Arbeitsweisen zu untersuchen“ (S. 2)
- „Die Lernangebote sind entsprechend der jeweiligen Aneignungsstufe des Schülers auf gegenständlich-praktischer, anschaulich-bildlicher und symbolisch-sprachlicher Ebene zu planen und zu gestalten. Dabei ist auf eine Verbindung von praktischer, geistiger und sprachlicher Tätigkeit zu achten“ (S. 2)
- „**Energieumwandlung**“ (S. 9; Herv. d. Verf.)
- „**Stromquellen**“ (S. 9; Herv. d. Verf.)
- „**einfache Experimente**“ (S. 10; Herv. d. Verf.)

### Schleswig-Holstein

Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (2002)

- „Orientierungsfähigkeit in den Bereichen: Mensch und Gesellschaft, Natur und Technik, Raum und Zeit“ (S. 15)

- „Durch die Arbeit an diesem Leitthema [Natur und Umwelt erkunden] werden Schülerinnen und Schüler aufmerksam auf alltägliche und außergewöhnliche Naturphänomene“ (S. 24).
- „Alltagsbedeutungen naturwissenschaftlich-technischer Gesetzmäßigkeiten, Phänomene und Strukturen“ (S. 113)

### Thüringen

Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport (2022)

- „**Experimente** [...] **durchführen** und (ggf. durch Fotos und Zeichnungen) dokumentieren“ (S. 36; Herv. d. Verf.)
- „die **Umwandlung** und Verwendung **verschiedener Energieformen** (mechanische Energie, elektrische Energie, Sonnenenergie usw.) **experimentell erkunden**“ (S. 36; Herv. d. Verf.)
- „Mitschüler\*innen, Erwachsene und Expert\*innen beim Messen von Gegenständen, Räumen und Abläufen beobachten, Messergebnisse dokumentieren und vergleichen“ (S. 36; Herv. d. Verf.)
- „**physikalische Phänomene** spielerisch und **experimentell erkunden**, z. B. Licht, Kraft, Wärme, Schall und **Elektrizität**“ (S. 36; Herv. d. Verf.)

**Anhang 2: Berechnung des Lesbarkeitsindex (LIX) mithilfe des Online-Tools auf der Internetseite Psychometrica<sup>11</sup>**

Wir bauen eine Batterie.

Du brauchst:

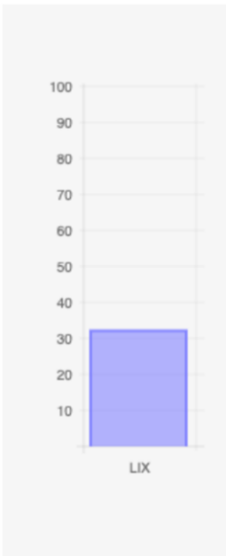
- Schale
- 4 Klemmen
- 2 Leitungen
- Motor
- schwarze Platte (Kohle-Platte)
- silberne Platte (Zink-Platte)
- Salz
- Leitungswasser

Stelle die schwarze Platte (Kohle-Platte) in die Schale.  
 Stelle die silberne Platte (Zink-Platte) in die Schale.  
 Fülle Wasser in die Schale. (fast voll).

Gib 1 Teelöffel Salz in das Wasser.  
 Rühre kurz um.

Verbinde die Klemmen mit den Leitungen.

Stelle den Motor neben die Schale.



LIX

| Anzahl an Wörtern | Anzahl an Sätzen | Durchschnittliche Satzlänge | Anteil langer Wörter | Lesbarkeitsindex (LIX) | Komplexität  |
|-------------------|------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| 142               | 22               | 6.4 Wörter                  | 26 %                 | 32.5                   | sehr niedrig |

Stelle den Motor neben die Schale.

Klemme ein Ende der roten Leitung an die schwarze Platte (Kohle-Platte).  
 Klemme das andere Ende der roten Leitung an den Motor.  
 Achtung: rot zu rot

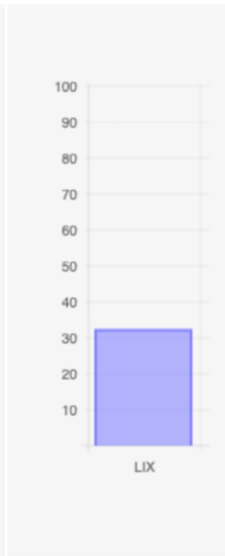
Klemme ein Ende der blauen Leitung an die silberne Platte (Zink-Platte).  
 Klemme das andere Ende der blauen Leitung an den Motor.  
 Achtung: blau zu blau

Was siehst du?  
 Notiere deine Beobachtung auf dem Arbeitsblatt!

Tausche die Klemmen am Motor.  
 - rote Leitung zu blau  
 - blaue Leitung zu rot

Was siehst du?  
 Notiere deine Beobachtung auf dem Arbeitsblatt!

Arbeitsplatz aufräumen.



LIX






| Anzahl an Wörtern | Anzahl an Sätzen | Durchschnittliche Satzlänge | Anteil langer Wörter | Lesbarkeitsindex (LIX) | Komplexität  |
|-------------------|------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| 142               | 22               | 6.4 Wörter                  | 26 %                 | 32.5                   | sehr niedrig |

<sup>11</sup> <http://www.psychometrica.de/lix.html>

### Anhang 3: Überprüfung des Kontrasts zwischen Schrift- und Hintergrundfarben mithilfe der Webseite *barrierefreies Design*<sup>12</sup>

Vordergrund:  Hintergrund: 

#### Kontrastverhältnis 16.9:1

-  Bestanden: Für **große Schrift** (siehe Punkt 1) schreiben die WCAG 2.0 im Level AA einen Kontrast von mindestens 3:1 vor.
-  Bestanden: Für **große Schrift** (siehe Punkt 1) schreiben die WCAG 2.0 im Level AAA einen Kontrast von mindestens 4.5:1 vor.
-  Bestanden: Für **normalgroße Schrift** (siehe Punkt 2) schreiben die WCAG 2.0 im Level AA einen Kontrast von mindestens 4.5:1 vor.
-  Bestanden: Für **normalgroße Schrift** (siehe Punkt 2) schreiben die WCAG 2.0 im Level AAA einen Kontrast von mindestens 7:1 vor.
-  Bestanden: Für **grafische Objekte und Teile der Bedienoberfläche** (siehe Punkt 3) schreiben die WCAG 2.1 im Level AA einen Kontrast von mindestens 3:1 vor.

---

<sup>12</sup> <https://barrierefreies.design/barrierefreiheit-interaktiv-testen/farben-und-kontraste-pruefen>

#### Anhang 4: Sachanalyse zur Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“

Die Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“ lässt sich unter das Thema Elektrizitätslehre subsumieren, das ein zentrales Teilgebiet der Physik ist. Es kann konstatiert werden, dass in der Physiklehre dieser Thematik eine zentrale Rolle zukommt, denn die grundlegenden Konzepte der Elektrizitätslehre spiegeln wichtige Denkmuster der Physik wider und weisen eine technische Relevanz auf. Darüber hinaus hat sich dieses Teilgebiet seit mehreren hundert Jahren etabliert (Kauertz, 2015, S. 103).

Die folgende Sachanalyse greift nicht den Inhalt einer einzelnen Stunde auf, sondern den der ganzen Unterrichtsreihe (fünf Doppelstunden). Beim Bau einer Batterie bzw. bei deren Verwendung spielt der sogenannte Energieerhaltungssatz eine zentrale Rolle. Dieser besagt, dass Energie nicht erzeugt oder vernichtet, aber in verschiedene Formen umgewandelt werden kann, wie z.B. in Licht, Wärme oder Bewegung. Der Energieerhaltungssatz lässt sich durch folgende Formel ausdrücken:  $\overline{E_{\text{ges}}} = \overline{E_{\text{pot}}} + \overline{E_{\text{kin}}} + \overline{E_{\text{spann}}} = \text{konstant}$ . In dieser Formel steht  $\overline{E_{\text{ges}}}$  für Energie,  $\overline{E_{\text{pot}}}$  für potenzielle Energie (Lageenergie),  $\overline{E_{\text{kin}}}$  für kinetische Energie (Bewegungsenergie) und  $\overline{E_{\text{spann}}}$  für die Spannenergie, d.h. die innere gespeicherte Energie. Der Energieerhaltungssatz wurde erstmals von Galilei für mechanische Systeme aufgestellt. Er wurde in Bezug auf die Wärmenergie erweitert und dann u.a. von Einstein für alle Energieformen bestätigt. Bei der Betrachtung von Energieformen und -umwandlungen bei Spannungsquellen und Stromkreisen, zeigt sich, basierend auf dem Energieerhaltungssatz, Folgendes: Bevor ein Energieumwandlungsprozess stattfinden kann, muss sich eine elektrische Ladung innerhalb eines elektrischen Feldes befinden. Bewegt sich diese dann von einem Potenzial zu einem anderen, wird von dem System *Feld – Ladung* Arbeit verrichtet. Die elektrostatische Kraft wirkt auf die elektrische Ladung über einen Weg hinweg. Die Ladung durchläuft eine Potenzialdifferenz (= Spannung). Die potenzielle Energie in dem System wird zu kinetischer Energie umgewandelt. Bei Leitungsvorgängen mit elektrischem Widerstand findet u. a. dann eine Umwandlung in Innere Energie statt. Je größer der Ladungsunterschied wird, desto höher steigt die Potenzialdifferenz. Eine Zunahme der gegensätzlichen Ladungen hat, bei gleichbleibendem Abstand, eine entsprechende Zunahme des elektrischen Feldes zur Folge (Stuart & Klages, 2009, S. 140 f.).

Wenn zwei verschiedene elektrische Potenziale in einem Kreis miteinander verbunden werden, in dem sich z.B. auch Widerstände befinden, wird an denen die elektrische Energie umgewandelt. Ein geschlossener Stromkreis ist Voraussetzung, damit Ladung fließen kann. Dies wird als elektrischer Strom bezeichnet (Giancoli, 2010, S. 851). Beim elektrischen Strom findet daher i.d.R. eine gezielte und gerichtete Bewegung von freien bzw. quasifreien Ladungsträgern

statt, wie z.B. Elektronen oder Ionen. Zeitlich veränderliche elektrische Felder wie der Maxwell'sche Verschiebungsstrom können einem Stromfluss entsprechen, dies soll hier nicht weiter betrachtet werden. Diese Bewegung wird durch das Ausgleichsbestreben zwischen den entgegengesetzten Ladungen initiiert. Wenn es in einem Stromkreis nur einen Weg für die Ladungsträger gibt, folgt aus dem Ladungserhaltungssatz, dass der Strom an jedem Punkt und zu jeder Zeit gleich ist, da die Ladungen nicht entweichen können.

Die für einen elektrischen Stromfluss notwendige Potenzialdifferenz kann z.B. durch eine Batterie bei einer Reaktion bereitgestellt werden. Dabei wird chemische Energie in elektrische umgewandelt. Typischerweise sind das Redoxreaktionen (Klose, 2008, S. 35). Bei der einfachsten Ausführung, einem galvanischen Element, gibt es zwei Platten oder Stäbe (Elektroden) aus unterschiedlichen Metallen respektive aus einem Metall und Kohlenstoff. Diese befinden sich in einer konzentrierten Lösung, dem Elektrolyt, das z.B. Salze, Säure oder Basen (Ionen) als Ladungsträger enthält. Eine Verbindung mehrerer galvanischer Elemente wird als Batterie bezeichnet, wobei man umgangssprachlich bereits bei einem einzelnen galvanischen Element den Terminus Batterie benutzt. Im Folgenden soll die Funktion eines einfachen galvanischen Elements, das in der Unterrichtsreihe verwendet wurde, mit dem Fokus auf die physikalischen Aspekte beschrieben werden.

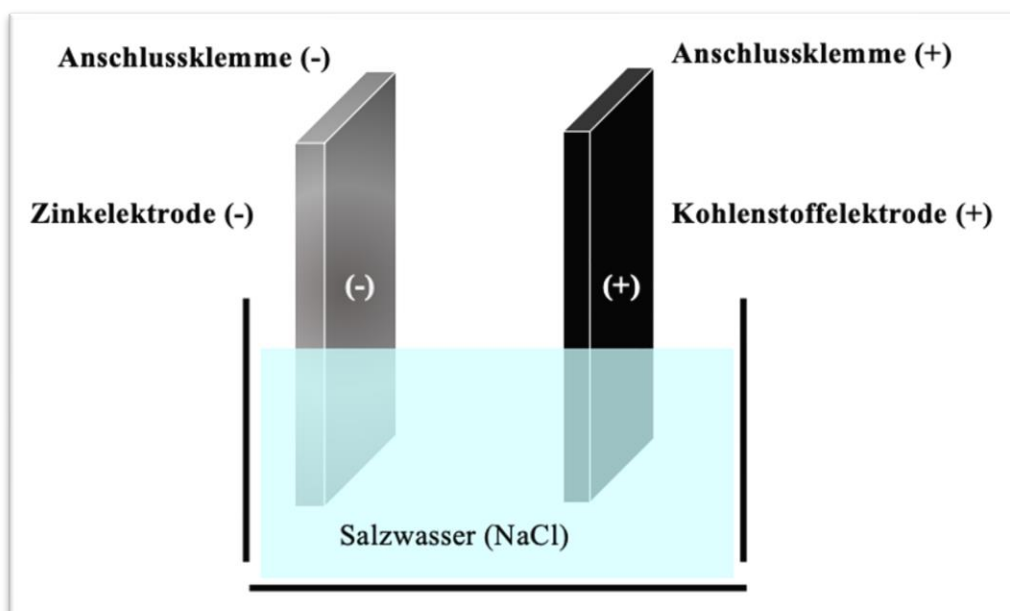


Abb. 43: einfaches galvanisches Element; Auszug aus den Materialien der Lernenden – erweiterte Abbildung von René Foellmer, unveröffentlichtes Skript

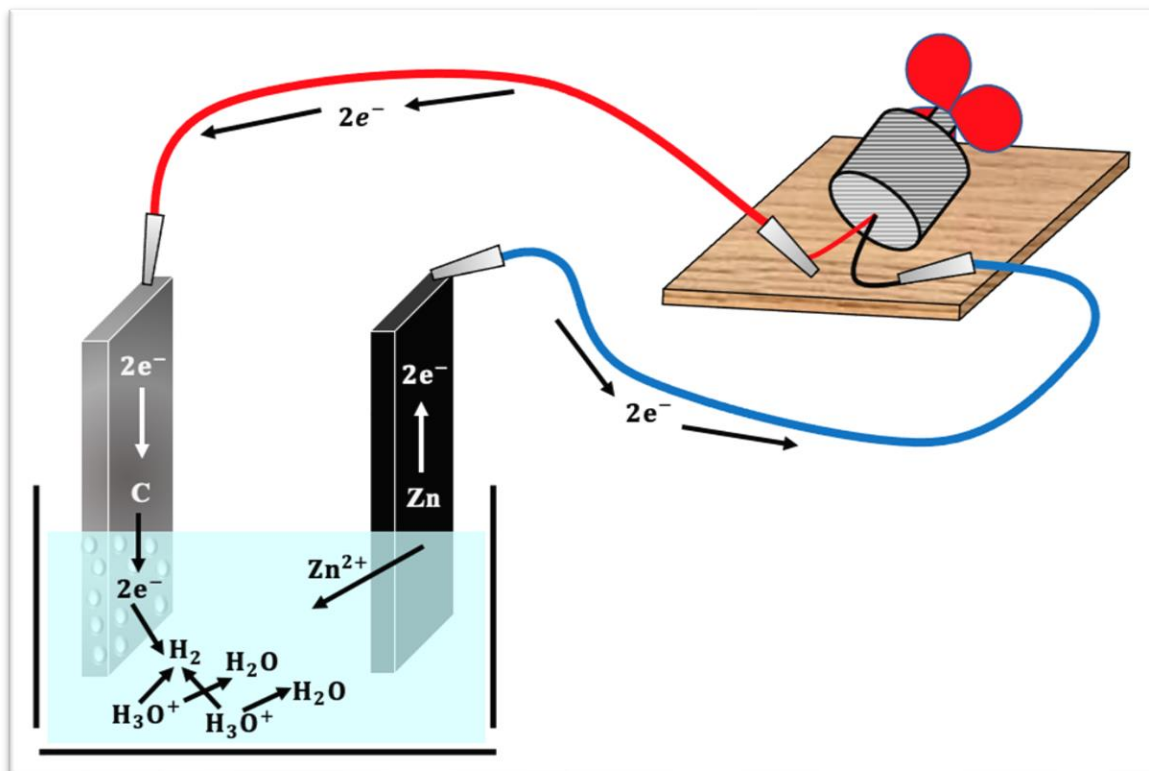
In diesem einfachen galvanischen Element ist eine Elektrode aus Zink, die andere aus Kohlenstoff und das Elektrolyt, in dem die Elektroden stehen, ist Salzwasser (NaCl) (s. Abb. 43). Die



Teile der Elektroden, die nicht im Salzwasser sind, werden als Anschlussklemmen bezeichnet, weil sie die Verbindungsstellen sind, um einen Stromkreis zu bauen (Giancoli, 2010, S. 850). Wenn die Zinkelektrode in das Salzwasser gestellt wird, reagieren die beiden miteinander. Das Salzwasser zersetzt die Zinkelektrode nach und nach und 2-fach positive Zinkionen gehen in Lösung. Bei diesem Prozess wird die Zinkelektrode negativ geladen und zur sogenannten Anode, da bei der Zersetzung der Zinkatome diese als positiv geladene Ionen (Kationen) in das Salzwasser übergehen. An der Zinkelektrode bleiben dabei pro Zinkatom zwei Elektronen übrig, d.h., es findet eine Oxidation statt. Mit der Zeit entsteht ein Elektronenüberschuss in der Zinkelektrode und um sie herum ein elektrisches Gegenfeld durch die positiven Zinkionen im Elektrolyt. Dies verhindert ein weiteres Herauslösen von Zinkionen. Erst wenn über die Anschlussklemmen der Stromkreis geschlossen wird, ermöglicht dies ein Abfließen der überschüssigen Elektronen aus der Zinkelektrode. Das elektrische Gegenfeld wird schwächer und weitere Zinkionen können herausgelöst werden. Die positiven Zinkionen driften zur Kohlelektrode. Da nun das Elektrolyt positiv geladen ist, werden durch das Ausgleichsbestreben Elektronen aus der Kohlenstoffelektrode gelöst, wodurch diese positiv geladen und zur sogenannten Kathode wird. Dieser Prozess wird als Reduktion bezeichnet. Da die Zinkelektrode nun negativ geladen ist und die Kohlenstoffelektrode positiv, besteht eine Potenzialdifferenz zwischen beiden.

Wenn beide Anschlussklemmen miteinander verbunden werden, kann Ladung in Form von Elektronen, d.h. Strom, fließen. Dabei werden kontinuierlich freie Elektronen von der positiven Anschlussklemme angezogen, während zeitgleich freie Elektronen von der negativen Anschlussklemme in den Verbindungsdraht übergehen. Der Stromfluss kann z.B. mithilfe eines Motors in Form von Bewegungsenergie sichtbar gemacht werden (s. Abb. 44).

Im Wasser befinden sich neben Wassermolekülen auch Hydroniumionen  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Davon verbindet sich ein Wasserstoffion  $\text{H}^+$  mit einem Elektron aus der Kohleplatte zu einem neutralen Wasserstoffatom. Dieser Vorgang passiert zweimal, sodass sich dann Wasserstoffmoleküle  $\text{H}_2$  (=Wasserstoffgas) bilden. Das Wasserstoffgas setzt sich zum Teil als kleine Bläschen an der Kohleplatte ab (s. Abb. 44). Durch die Reaktion von einem Wasserstoffion  $\text{H}^+$  wird aus dem Hydroniumionen  $\text{H}_3\text{O}^+$  ein Wassermolekül  $\text{H}_2\text{O}$ .



(Abb. 44: stark vereinfachter elektronischer Stromkreis, Auszug aus den Materialien der Lernenden – erweiterte Abbildung von René Foellmer, unveröffentlichtes Skript)

Die Bildung von Wasserstoff und dessen Ablagerung an der Kohleelektrode macht diese sukzessive schwächer. Irgendwann ist die Elektrode mit Wasserstoff überzogen, und es stehen sich eine Zink- und eine Wasserstoffelektrode gegenüber. Wenn eine der beiden Elektroden verbraucht ist, kommt der Stromfluss zum Erliegen und die Batterie ist umgangssprachlich ‚leer‘. Die elektrische Spannung einer Batterie hängt davon ab, aus welchen Materialien die beiden Elektroden bestehen bzw. welche miteinander kombiniert worden sind, d.h. welche Ladungsdifferenz vorliegt. Außerdem haben die Anzahl der Ladungsträger im Elektrolyt, deren Driftgeschwindigkeit sowie die Temperatur des Elektrolyts, der Abstand der Elektroden zueinander und deren Eintauchtiefe im Elektrolyt Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit und damit auf den Innenwiderstand der galvanischen Zelle. Wenn mehrere galvanische Elemente über die Anode des einen Elements mit der Kathode des nächsten verbunden werden, d.h. in Reihe geschaltet werden, addieren sich deren Spannung.

Handelsübliche Batterien sind im Prinzip analog aufgebaut. Als positive Anschlussklemme, also als Pluspol, fungiert die obere, abgeflachte runde Spitze aus Metall (s. Abb. 45). Diese wird vom Minuspol am unteren Ende der Batterie durch einen Isolator getrennt. Im Inneren der Batterie befindet sich neben der Kathode die Anode, die z.B. aus Zink-Mangan, Alkali-Mangan

oder Zink-Kohle besteht. Zwischen beiden ist ein Separator. Beide Elektroden sind von einem Elektrolyt umgeben. Durch einen Ableiter, einen Metallstift, werden die Elektronen zum Minuspol der Batterie geleitet. Das Mangandioxid gibt Sauerstoff ab, der die Wasserstoffatome zu Wasser bindet und dadurch deren Ablagerung verhindert.

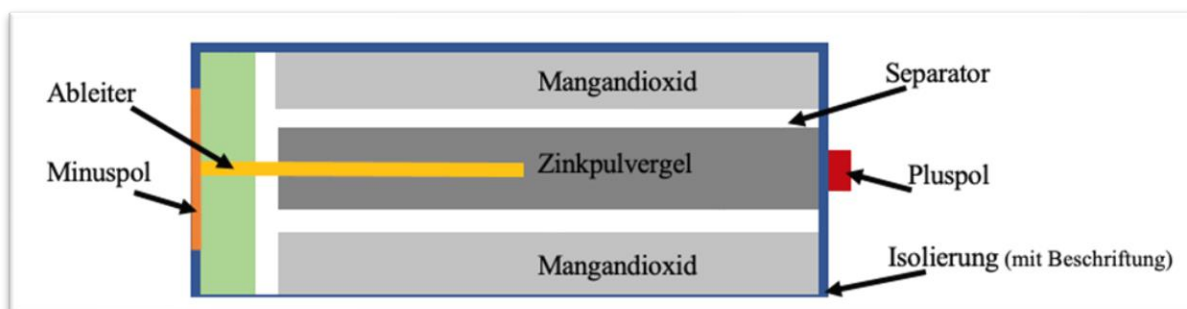


Abb. 45: Aufbau einer Batterie – eigene Darstellung

Bei Batterien werden zwei Kategorien unterschieden: sogenannte Primärbatterien, auch als Einwegbatterien bezeichnet, weil diese nicht wieder aufladbar sind, und Sekundärbatterien (Akkus), bei denen die Entladungsreaktion wieder umgekehrt werden kann (Klose, 20008, S. 35). Beide Arten werden nach dem verwendeten Material differenziert (z.B. Zink-Kohle-Batterie, Alkali-Mangan-Batterie) und sind aufgrund ihrer unterschiedlichen Beschaffenheit für verschiedene Zwecke geeignet.

## **Anhang 5: Didaktischer Kommentar zur Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“**

„Wir bauen eine Batterie“ wurde als Thema der Unterrichtsreihe gewählt, weil handelsübliche Batterien von vielen Menschen als selbstverständliche Stromquellen genutzt werden und sich am Beispiel einer selbst gebauten Batterie viele elektrische Grundprinzipien veranschaulichen lassen. Mithilfe einer selbst gebauten Batterie als Stromquelle, die mit einem sogenannten Verbraucher über Leitungen verbunden ist, können einfache Stromkreise, d.h. ein Stromfluss, hergestellt und veranschaulicht werden.

Nicht nur Knalleffekte oder spektakuläre Phänomene können das Interesse von Lernenden am naturwissenschaftlichen Unterricht wecken, sondern auch einfache und gefahrlose Experimente versetzen selbst ältere Lernende in Staunen und Begeisterung, wie z.B. die Aufgabe, eine Lampe zu erleuchten (Schmidt, 2015, S. 126). Dies gilt insbesondere, wenn Lernende bislang keine oder kaum Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht kennengelernt haben oder zu Hause entsprechende Erfahrungen machen bzw. Phänomene explorativ entdecken konnten. Daher sind didaktisch aufbereitete naturwissenschaftliche Grunderfahrungen selbst für Jugendliche oder erwachsene Lernende motivierend.

In der Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“ werden die Themen Aufbau eines Stromkreises, Polung, Ursache-Wirkungs-Prinzip, Leiter und Nichtleiter sowie Spannung und Stromstärke experimentell erkundet. Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung ist i.d.R. bewusst, dass elektrische Energie zum Betreiben von Geräten benötigt wird. Einige haben Vorkenntnisse und wissen, dass sich bei einer höheren Spannung bzw. einer höheren Stromstärke Motoren schneller drehen oder Lampen heller leuchten. Darüber hinaus sind die Kenntnisse über physikalische Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten eher begrenzt. Der Fokus der Unterrichtsreihe liegt auf qualitativen und halbquantitativen Erkenntnissen, um den Lernvoraussetzungen der Lernenden adäquat zu begegnen und weil sie zum ersten Mal das Thema Elektrizität im Unterricht behandeln. Halbquantitative Erkenntnisse sind z.B. wenn-dann oder je-desto-Beziehungen. Die Stunden bauen thematisch aufeinander auf, müssen aber nicht zwangsläufig von allen Lernenden bearbeitet werden, d.h., wenn jemand einmal fehlt, kann die Person voraussetzungslos in der nächsten Stunde wieder in das Thema einsteigen. In jeder Stunde wird aus denselben Basiselementen ein Experiment aufgebaut, dann jeweils eine Variable verändert. Dies sowie die begrenzte Anzahl an Versuchsmaterialien soll beim Versuchsaufbau und der Durchführung eine möglichst geringe Herausforderung für die Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung darstellen, d. h., es soll eine möglichst geringe kognitive Kapazität (Cog-

nitive Load) beansprucht werden (s. 4.2.5). Dadurch können freie kognitive Ressourcen entstehen, die für die qualitativen und halbquantitativen Erkenntnisse benötigt werden. Gleichzeitig motiviert es viele Lernende, selbstständig und mit einfachen, ihnen vertrauten Mitteln eine Batterie zu bauen und damit Energie umzuwandeln.

In der Unterrichtreihe steht die naturwissenschaftliche Dimension „naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betreiben“ (Hodson, 2014, S. 2545 f.) bzw. der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ (KMK, 2004, S. 7) in Form der Methode „Experimentieren“ im Fokus. Diese Methode zeichnet sich u.a. dadurch aus, dass den Lernenden in ihrem Lernprozess eine aktive und eigenverantwortliche Rolle zukommt. Durch das induktive Vorgehen beim Experimentieren, also beim Schließen von einer, mehreren oder vielen Einzelfällen (Einzelbeobachtung oder -tatsachen) auf ein Allgemeines, finden unterschiedliche Lerntempi Berücksichtigung. In der Experimentierphase ist es unerheblich, wie häufig die Lernenden jeweils eine Variable verändert haben, da in der anschließenden Plenarphase alle Ergebnisse zusammengetragen und interpretiert werden. In der Experimentierphase soll jede lernende Person einen eigenen Versuch aufbauen und durchführen. Dadurch ist eine intensive Einbeziehung durch handelndes Lernen am konkreten Gegenstand sowie entdeckendes und experimentelles Lernen möglich. Dies entspricht „dem Prinzip der Aktivierung und [...] [kommt] dem natürlichen Drang nach Eigentätigkeit entgegen“ (Girwidz, 2015a, S. 240). Gleichzeitig können sie in den Schülerversuchen fachspezifische experimentelle Fähig- und Fertigkeiten erwerben, einsetzen und weiterentwickeln, um neue physikalische Inhalte zu erschließen.

Damit alle Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung physikalisches Wissen aufbauen können, muss das Thema auf sämtlichen Aneignungsebenen erfahrbar sein, d.h. eine Vielfalt verschiedener Zugänge zum Lernstoff ermöglichen. Zwar kann elektrische Energie nicht basal-perzeptiv wahrgenommen, jedoch mithilfe von Geräten entdeckt werden (Stuart & Klages, 2009, S. 19 f). In der konkreten Unterrichtsreihe können die Lernenden z.B. beobachten, dass sich ein Motor dreht oder eine Lampe leuchtet oder hören, dass ein Piepser Geräusche macht. Durch die Wahrnehmung und Zuwendung zum Versuch, d.h. zur Welt, wird die Welt-an-sich, die objektive Welt, zu einer Welt-für-mich, also zu einer subjektiven Welt der Lernenden (Fornfeld, 1995, S. 128). Durch das Ursache-Wirkungs-Prinzip, d.h. die „Reaktion“ eines Verbrauchers, wenn der Stromkreis richtig aufgebaut wurde, können die Lernenden Zusammenhänge erkennen. Gleichzeitig erfahren sie eine lehrkraftunabhängige Rückmeldung in Bezug auf ihre Handlungsausführung, was wiederum das eigenständige Lernen fördert. Die Handlung, einen einfachen Stromkreis aufzubauen, lässt sich der konkret-gegenständlichen Aneignungsebene zuordnen. Wenn die Lernenden – basierend auf einer zweidimensionalen Anlei-

tung – aggieren, kann dies der anschaulichen Aneignungsmöglichkeit zugeordnet werden. Beim Versuchsaufbau werden insbesondere der propriozeptive, der taktile sowie der visuelle Sinn stimuliert, was für alle Lernenden hilfreich sein kann. Die vielen Sinneseindrücke werden jeweils einzeln im Gehirn codiert, sodass der Versuchsaufbau mehrfach abgespeichert wird, was seine Verinnerlichung fördert. Auf der abstrakt-begrifflichen Ebene können z.B. Fachbegriffe richtig verwendet, der Aufbau eines einfachen Stromkreises beschrieben, Fehler beim Aufbau benannt oder sogar erste Vorstellungen von Ladungen und Teilchen angebahnt werden. Damit bietet die Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“ Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung ein breites Spektrum an Zugangsmöglichkeiten. Wichtig zu beachten ist, dass sie sich nicht zu früh mit quantitativen Zusammenhängen auseinander setzen müssen, sondern dass immer eine qualitative oder halbqualitative Aneignung der Inhalte möglich ist. So kann in der Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“ durch den Aufbau eines einfachen Stromkreises mit einem Verbraucher das Ursache-Wirkungs-Prinzip in Form von *wenn-dann-Beziehungen* qualitativ erfasst werden. Gleichzeitig können *je-desto-Beziehungen* entdeckt werden, die halbquantitative Zusammenhänge beschreiben, wenn z.B. die Salzkonzentration im Wasser variiert wird oder mehrere Batterien in Reihe geschaltet werden. Im Sinne eines Spiralcurriculums können quantitative Betrachtungen sowie weitere Themenfelder zu einem späteren Zeitpunkt erneut aufgegriffen werden.

Damit die intrinsische Expolorationsmotivation nicht eingeschränkt wird, sollten exakte Fachbegriffe und eine korrekte Fachsprache nicht (zu früh) verlangt werden. Es besteht nicht nur die Gefahr, dass Lernende durch Korrekturen der Sprache demotiviert werden, sondern dass sie die Fachbegriffe und -sprache als leere Worthülsen auswendig lernen. Gleichzeitig haben Fachbegriffe wie „Spannung“ abweichende Bedeutungen in der ihnen geläufigen Alltagssprache, sodass sie dadurch irritiert und ggf. überfordert sein können. Darüber hinaus stellt es für viele Lernende anfangs eine Herausforderung dar, z.B. elektrische Spannung, Stromstärke, Leistung und Energie voneinander abzugrenzen bzw. deren Zusammenhänge zu erfassen. Dies gilt insbesondere für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung. Deshalb werden in den Unterrichtsmaterialien bekannte Begriffe bzw. Fachbezeichnungen in Anlehnung an Leisen (2005, S. 9) möglichst nur zusammen mit Alltagbezeichnungen verwandt.

## **Anhang 6: Lebensweltbezug der Unterrichtsreihe „Wir bauen eine Batterie“**

Elektrizität sowie elektrische Stromkreise sind ein weit verbreiteter, fester Bestandteil unserer heutigen Lebenswelt und haben großen Einfluss auf unseren Alltag und unsere Lebensqualität. Jeder Mensch besitzt verschiedene elektrische Geräte und kommt im täglichen Leben, zu Hause, im (späteren) Beruf und in der Freizeit permanent mit ihnen in Kontakt. Dies gilt auch für Lernende im Bildungsgang Geistige Entwicklung, die häufig über eine Vielzahl von Gadgets verfügen. In den Geräten wird elektrische Energie in Nutzenergie wie Wärme, Licht, Akustik und mechanische Energie umgewandelt, z.B. beim eingeschalteten Licht, beim Haare föhnen, beim Gebrauch des Talkers oder einem elektrischen Rollstuhl. Die Gesellschaft nutzt diese Energieumwandlungen, um sich das Leben angenehmer zu gestalten (Harreis et al., 1998, S. 14). Somit hat das Thema für alle Lernenden eine praktische und lebensweltbezogene Bedeutung. Gleichzeitig haben einige Jugendliche erste Erfahrungen mit dem Thema Strom bzw. Energie, indem sie z.B. dazu aufgefordert wurden, Strom zu sparen, auf Gefahren im Umgang mit Strom hingewiesen wurden oder festgestellt haben, dass elektrische Geräte Strom bzw. Batterien benötigen oder regelmäßig aufgeladen werden müssen. Daher lässt sich dieses Thema optimal mit dem Alltag der Lernenden und ihren individuellen (Vor-)Erfahrungen verknüpfen. Als mögliche Kontexte eignen sich z.B. Lichtschalter, Elektromotoren, Blitze, EKG-Aufzeichnungen, Batterien oder leere (Handy-)Akkus, um grundlegende Konzepte der Elektrizitätslehre im Unterricht zu behandeln. Diese sind einerseits für viele technische Berufe elementar, die später von Lernenden im Bildungsgang Geistige Entwicklung ausgeübt werden können, wie z.B. das Bedienen von Maschinen oder die Montage elektrischer Bauteile in einer Werkstatt für behinderte Menschen. Andererseits bietet das Thema eine Basis für die naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne der OECD (2006) und der Bildungsstandards (KMK, 2005, S. 107). Sie ist damit Voraussetzung für eine mündige Teilhabe, denn Lernende sollen befähigt werden, technische Systeme und ihre Folgen z.B. für Menschen, Natur, Klima, Energieversorgung oder für politische Entscheidungen bewerten und einordnen zu können. Darüber hinaus fördert ein Alltagsbezug das Interesse der Lernenden an physikalischen Inhalten (Kauertz, 2015, S. 105), insbesondere wenn ihnen, wie beim Thema Elektrizität, viele Möglichkeiten des selbstständigen Handelns und entdeckenden Lernens geboten werden.

Im Sinne der Teilhabe für alle Lernenden ist es interessant zu eruieren, ob das Thema Elektrizität nur in den Lehrplänen der allgemeinbildenden Schulen fest verankert ist oder ob es auch in denen des Bildungsgangs Geistige Entwicklung implementiert wurde. Die Thematik findet sich z.B. explizit in den Lehrplänen von Baden-Württemberg, Bayern, Berlin/Brandenburg.

Hamburg, Niedersachsen und Sachsen wieder. Durch die Lehrpläne von Hessen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein wird das Thema indirekt legitimiert. So heißt es z.B. „grundlegende Prozesse im naturwissenschaftlichen Bereich [...] erfahren“ (Hessisches Kultusministerium, 2013, S. 30) bzw. „Aufgabenfelder [des naturwissenschaftlichen Unterrichts] vermitteln allgemeingültige Bildungsinhalte, die zu einer fachlichen Grundbildung führen und einen wesentlichen Beitrag zur persönlichen Entfaltung, aktiven Teilhabe und Partizipation an Kultur und Gesellschaft leisten“ (MSB NRW, 2022, S. 39) oder „Alltagbedeutungen naturwissenschaftlich-technischer Gesetzmäßigkeiten, Phänomene“ zu einem sachkompetenten Handeln (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein, 2002, S. 113).

Für den eigentlichen Unterricht im Bildungsgang Geistige Entwicklung sind jedoch nicht nur die Begründungen, sondern die didaktischen Umsetzungsmöglichkeiten entscheidend, die im folgenden Abschnitt näher betrachtet und ausgeführt werden.



## Anhang 7: Reihenplanung

| Thema der Doppelstunde                                | Inhalt   | experimentelle Kompetenzförderung (Schwerpunktsetzung)   |
|---|--|--|
| „Wie bauen wir eine Batterie selber?“                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erarbeiten der sachgerechten Vorgehensweise beim Experimentieren</li> <li>• Umsetzung der sachgerechten Vorgehensweise beim Experimentieren</li> <li>• Kennenlernen grundlegender Elemente einer galvanischen Zelle</li> <li>• Aufbau einer galvanischen Zelle</li> <li>• Umwandlung von Energie Schließung und Unterbrechung eines Stromkreises</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen</li> <li>• Verbalisierung von eigenen Vorstellungen</li> <li>• Versuchsergebnisse wahrnehmen</li> <li>• Versuchsergebnisse beschreiben</li> <li>• Versuch gemäß der Anleitung aufbauen</li> <li>• Alltagsgegenstände, -materialien und einfache Geräte verwenden</li> <li>• Experimentierregeln beachten</li> <li>• im notwendigen Umfang Elemente der Fachsprache sowie fachtypischer Sprachstrukturen und Sprachwendungen gebrauchen</li> </ul>   |
| „Welche Batterie-Flüssigkeit funktioniert am besten?“ | <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende Abhängigkeiten durch Veränderungen des Elektrolyts der galvanischen Zelle erfahren</li> <li>• das optimale Elektrolyt identifizieren</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alltagsgegenstände, -materialien und einfache Geräte verwenden</li> <li>• Experimentierregeln beachten</li> <li>• Variablen nach dem Prinzip der Variablenkontrolle systematisch verändern bzw. konstant halten</li> <li>• Versuchsergebnisse wahrheitsgemäß dokumentieren</li> <li>• Versuchsbeobachtungen bezüglich einer Fragestellung beschreiben</li> <li>• Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Versuchsbeobachtungen identifizieren und diese sinnvoll ordnen</li> <li>• Beschreibung der Beobachtung von ihrer Deutung abgrenzen</li> <li>• qualitative und halb-quantitative Zusammenhänge ableiten</li> <li>• im notwendigen Umfang Elemente der Fachsprache sowie fachtypischer Sprachstrukturen und Sprachwendungen gebrauchen</li> </ul> |
| „Welche Batterie-Platten funktionieren am besten?“    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende Abhängigkeiten durch Veränderungen der Plattenkombinationen der galvanischen Zelle erfahren</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alltagsgegenstände, -materialien und einfache Geräte verwenden</li> <li>• Experimentierregeln beachten</li> <li>• Variablen nach dem Prinzip der Variablenkontrolle systematisch verändern bzw. konstant halten</li> </ul>  |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• die optimale Plattenkombination identifizieren</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsergebnisse wahrheitsgemäß dokumentieren</li> <li>• Versuchsbeobachtungen bezüglich einer Fragestellung beschreiben</li> <li>• Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Versuchsbeobachtungen identifizieren und diese sinnvoll ordnen</li> <li>• Beschreibung der Beobachtung von ihrer Deutung abgrenzen</li> <li>• qualitative und halb-quantitative Zusammenhänge ableiten</li> <li>• im notwendigen Umfang Elemente der Fachsprache sowie fachtypischer Sprachstrukturen und Sprachwendungen gebrauchen</li> </ul>   |
| <p>„Funktioniert unsere Batterie für einen Summer?“</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• einen anderen Stromumwandler (Piezopiepser) ausprobieren</li> <li>• Polung beim Motor sowie beim Piezopiepser tauschen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alltagsgegenstände, -materialien und einfache Geräte verwenden</li> <li>• Experimentierregeln beachten</li> <li>• Experimentierschritte der Intentionen gemäß umsetzen</li> <li>• Versuchsergebnisse wahrheitsgemäß dokumentieren</li> <li>• Versuchsbeobachtungen bezüglich einer Fragestellung beschreiben</li> <li>• Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Versuchsbeobachtungen identifizieren und diese sinnvoll ordnen</li> <li>• Beschreibung der Beobachtung von ihrer Deutung abgrenzen</li> <li>• qualitative und halb-quantitative Zusammenhänge ableiten</li> <li>• im notwendigen Umfang Elemente der Fachsprache sowie fachtypischer Sprachstrukturen und Sprachwendungen gebrauchen</li> </ul> |
| <p>„Funktioniert unsere Batterie für eine Lampe?“</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• einen anderen Stromumwandler (LED) ausprobieren, der einen zu hohen Leistungsbedarf hat und deshalb nicht "funktioniert"</li> <li>• Lösung erarbeiten: mehrere galvanische Zellen in Reihe schalten (eine Batterie bauen)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alltagsgegenstände, -materialien und einfache Geräte verwenden</li> <li>• Experimentierregeln beachten</li> <li>• Experimentierschritte der Intentionen gemäß umsetzen</li> <li>• Versuchsergebnisse wahrheitsgemäß dokumentieren</li> <li>• Versuchsbeobachtungen bezüglich einer Fragestellung beschreiben</li> <li>• Beschreibung der Beobachtung von ihrer Deutung abgrenzen</li> <li>• qualitative und halb-quantitative Zusammenhänge ableiten</li> <li>• im notwendigen Umfang Elemente der Fachsprache sowie fachtypischer Sprachstrukturen und Sprachwendungen gebrauchen</li> </ul>  |

## Anhang 8: exemplarischer Verlaufsplan der Mikrozyklen im ersten Mesozyklus

| Zeit <sup>13</sup> | Phase                                 | Interaktion  | Sozialform                  | Medien / Material   | Didaktischer Kommentar  |
|--------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|---|---|
| 5min               | Einstieg                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung des Reihenthemas</li> <li>• Wiederholung der Beobachtungen und Erkenntnisse aus der letzten Stunde <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung der Bestandteile eines Stromkreises / der selbstgebauten Batterie</li> <li>• Wiederholung und Einübung von Fachbegriffen</li> </ul> </li> </ul>   | Plenum - Gruppentisch       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forscherhefte</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anknüpfung an vorherige Stunde</li> <li>• Reaktivierung des Vorwissens</li> <li>• Überleitung zur heutigen Lernaufgabe</li> </ul>  |
| 10min              | Hinführung                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung und Visualisierung der heutigen Fragestellung</li> <li>• Besprechen des Arbeitsauftrags</li> <li>• Vorstellung der in der heutigen Stunde neuen Materialien</li> <li>• Hinweis auf wichtige Aspekte wie Variablenkontrolle</li> <li>• Klärung eventueller Fragen</li> <li>• Information über den zeitlichen Rahmen und den weiteren Stundenablauf</li> <li>• Entlassung der Lernenden in die Arbeitsphase</li> </ul> | Plenum - Gruppentisch       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandteile der selbstgebauten Batterie (ausgedruckt, laminiert und mit Magnetstreifen versehen)</li> <li>• Tafel</li> <li>• Forscherhefte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informierende Hinführung</li> <li>• Mentale Vorbereitung auf die Stunde</li> <li>• Motivation der Lernenden</li> <li>• Einweisung der Lernenden in wichtige Experimentierschritte</li> <li>• Ziel- und Methodentransparenz</li> <li>• Ablauf- und Zieltransparenz</li> </ul> |
| 30min              | Erarbeitungs- bzw. Experimentierphase | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Besorgung des benötigten Materials</li> <li>• Durchführung der Experimente (möglichst eigenständig)</li> </ul>  | Einzelarbeit – Gruppentisch | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablets mit e-Book</li> <li>• Kopfhörer</li> <li>• Forscherhefte</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bearbeitung der Lernaufgabe</li> <li>• Fotos und Videos sollen die Arbeitsschritte verdeutlichen, eine</li> </ul>  |

<sup>13</sup> Die angegebenen Zeiten sind ungefähre Richtwerte, von denen bei Bedarf abgewichen werden kann.

|      |  |   |                       |  |   |
|------|--|---|-----------------------|--|---|
|      |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation der Beobachtungen / Versuchsergebnisse</li> <li>• Aufräumen des Arbeitsplatzes</li> <li>• Unterstützungsimpulse und Anregungen durch die Lehrkraft</li> </ul>  |                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktuelles Arbeitsblatt</li> <li>• Timer</li> <li>• Schale</li> <li>• Elektrodenplatten [Kohle, Zink]</li> <li>• E-Motoren mit Luftschrauben</li> <li>• Laborschnüre</li> <li>• Krokodilklemmen</li> </ul> | <p>Orientierungsmöglichkeit sowie eine gewisse Handlungssicherheit bieten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• möglichst wenig Unterstützung durch die Lehrkraft</li> </ul>                       |
| 8min | Beschreibung der beobachteten Lernergebnisse | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammentragen der Beobachtungen mithilfe der Notizen im Forscherheft</li> <li>• Visualisierung und Clusterung der Beobachtungen an der Tafel</li> <li>• wenn nötig: Unterstützung bei der zielführenden Beschreibung der Beobachtungen</li> </ul> | Plenum - Gruppentisch | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forscherheft</li> <li>• Tafel</li> <li>• Versuchsbedingungen (ausgedruckt, laminiert und mit Magnetstreifen versehen)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Festigung der Beobachtungen durch Verbalisieren und Visualisieren</li> <li>• Wertschätzung der Ergebnisse</li> <li>• Beantwortung der Forschungsfrage</li> </ul> |
| 5min | Versuch die Beobachtungen zu interpretieren  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Schlussfolgerungen für die beobachteten Versuchsergebnisse</li> <li>• Vermutungsäußerungen für Erklärungen der Beobachtungen</li> <li>• wenn nötig: Lenkung der Überlegungen</li> </ul>   | Plenum - Gruppentisch | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forscherheft</li> <li>• Tafel mit Versuchsergebnissen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbstständige Überlegungen von Schlussfolgerungen (wenn – dann / je mehr – desto)</li> <li>• eigenständige Formulierung von Hypothesen</li> </ul>               |
| 2min | Abschluss                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausblick auf die Forschungsfrage der nächsten Stunde</li> </ul>  | Plenum – Gruppentisch |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausblick auf die kommende Stunde (Advanced Organizing)</li> </ul>  |

## Anhang 9: exemplarischer Verlaufsplan der Mikrozyklen im zweiten Mesozyklus

| Zeit <sup>14</sup> | Phase                                 | Interaktion  | Sozialform                        | Medien / Material   | Didaktischer Kommentar  |
|--------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|---|---|
| 5min               | Einstieg                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Wiederholung des Reihenthemas</li> <li>Wiederholung der Beobachtungen und Erkenntnisse aus der letzten Stunde <ul style="list-style-type: none"> <li>Wiederholung der Bestandteile eines Stromkreises / der selbstgebauten Batterie</li> <li>Wiederholung und Einübung von Fachbegriffen</li> </ul> </li> </ul>   | Plenum - Stuhlkreis vor der Tafel | <ul style="list-style-type: none"> <li>Forscherhefte</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Anknüpfung an vorherige Stunde</li> <li>Reaktivierung des Vorwissens</li> <li>Überleitung zur heutigen Lernaufgabe</li> </ul>  |
| 10min              | Hinführung                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Formulierung und Visualisierung der heutigen Fragestellung</li> <li>Besprechen des Arbeitsauftrags</li> <li>Vorstellung der in der heutigen Stunde neuen Materialien</li> <li>Hinweis auf wichtige Aspekte wie Variablenkontrolle</li> <li>Klärung eventueller Fragen</li> <li>Information über den zeitlichen Rahmen und den weiteren Stundenablauf</li> <li>Entlassung der Lernenden in die Arbeitsphase</li> </ul> | Plenum - Stuhlkreis vor der Tafel | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bestandteile der selbstgebauten Batterie (ausgedruckt, laminiert und mit Magnetstreifen versehen)</li> <li>Tafel</li> <li>Forscherhefte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Informierende Hinführung</li> <li>Mentale Vorbereitung auf die Stunde</li> <li>Motivation der Lernenden</li> <li>Einweisung der Lernenden in wichtige Experimentierschritte</li> <li>Ziel- und Methodentransparenz</li> <li>Ablauf- und Zieltransparenz</li> </ul> |
| 30min              | Erarbeitungs- bzw. Experimentierphase | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl eines Arbeitsplatzes</li> <li>Besorgung des benötigten Materials</li> <li>Durchführung der Experimente (möglichst eigenständig)</li> </ul>  | Einzelarbeit – Gruppentische      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tablets mit e-Book</li> <li>Kopfhörer</li> <li>Forscherhefte</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bearbeitung der Lernaufgabe</li> <li>Fotos und Videos sollen die Arbeitsschritte verdeutlichen, eine</li> </ul>  |

<sup>14</sup> Die angegebenen Zeiten sind ungefähre Richtwerte, von denen bei Bedarf abgewichen werden kann.

|      |  |  |                                   |  |   |
|------|--|--|-----------------------------------|--|---|
|      |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation der Beobachtungen / Versuchsergebnisse</li> <li>• Aufräumen des Arbeitsplatzes</li> <li>• Unterstützungsimpulse und Anregungen durch die Lehrkraft</li> </ul>   |                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktuelles Arbeitsblatt</li> <li>• Timer</li> <li>• Schale</li> <li>• Elektrodenplatten [Kohle, Zink]</li> <li>• E-Motoren mit Luftschrauben</li> <li>• Laborschnüre</li> <li>• Krokodilklemmen</li> </ul> | <p>Orientierungsmöglichkeit sowie eine gewisse Handlungssicherheit bieten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• möglichst wenig Unterstützung durch die Lehrkraft</li> </ul>                       |
| 8min | Beschreibung der beobachteten Lernergebnisse | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Treffen im Stuhlkreis vor der Tafel</li> <li>• Zusammentragen der Beobachtungen mithilfe der Notizen im Forscherheft</li> <li>• Visualisierung und Clusterung der Beobachtungen an der Tafel</li> <li>• wenn nötig: Unterstützung bei der zielführenden Beschreibung der Beobachtungen</li> </ul> | Plenum - Stuhlkreis vor der Tafel | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forscherheft</li> <li>• Tafel</li> <li>• Versuchsbedingungen (ausgedruckt, laminiert und mit Magnetstreifen versehen)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Festigung der Beobachtungen durch Verbalisieren und Visualisieren</li> <li>• Wertschätzung der Ergebnisse</li> <li>• Beantwortung der Forschungsfrage</li> </ul> |
| 5min | Versuch die Beobachtungen zu interpretieren  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Schlussfolgerungen für die beobachteten Versuchsergebnisse</li> <li>• Vermutungsäußerungen für Erklärungen der Beobachtungen</li> <li>• wenn nötig: Lenkung der Überlegungen</li> </ul>  | Plenum - Stuhlkreis vor der Tafel | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forscherheft</li> <li>• Tafel mit Versuchsergebnissen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbstständige Überlegungen von Schlussfolgerungen (wenn – dann / je mehr – desto)</li> <li>• eigenständige Formulierung von Hypothesen</li> </ul>               |
| 2min | Abschluss                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausblick auf die Forschungsfrage der nächsten Stunde</li> </ul>   | Plenum – Stuhlkreis vor der Tafel |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausblick auf die kommende Stunde (Advanced Organizing)</li> </ul>  |

## Anhang 10: Einwilligungserklärung Eltern (zweiter Mesozyklus)

### Universität zu Köln

Universität zu Köln • Gronewaldstraße 2 • 50931 Köln

An die Eltern der Oberstufe – Berufspraxisstufe



**Mathematisch-  
Naturwissenschaftliche  
Fakultät**

**Institut für Physikdidaktik**

Geschäftsführender Direktor  
Univ.-Prof. Dr. André Bresges

wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Hannah Weck

### Information über ein videogestütztes Unterrichtsvorhaben

Liebe Eltern,

mein Name ist Hannah Weck. Ich bin ausgebildete Sonderpädagogin, an der Universität zu Köln beschäftigt und arbeite dort an meiner Doktorarbeit. Bis zum Sommer 2017 war ich mehrere Jahre an einer Förderschule mit dem Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung als Lehrerin tätig.

In der nächsten Zeit möchte ich im Rahmen meiner Doktorarbeit in der Oberstufe - Berufspraxisstufe Unterrichtsequenzen per Video aufnehmen. Die Schulleitung unterstützt mich und hat meinem Vorhaben bereits zugestimmt. Der Unterricht wird gemeinsam von den Klassenlehrern und mir durchgeführt.

- Mein Ziel ist zu dokumentieren, dass Schüler\*innen mit dem Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung trotz ihrer Einschränkungen in allen Kompetenzbereichen der Naturwissenschaften (Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung) Lernzuwächse erzielen können. Des Weiteren möchte ich Kriterien für Naturwissenschaftlichen Unterricht für die Schüler\*innen aufstellen.
- Die Videos sollen zu Ausbildungs- und Fortbildungszwecken in der Lehrer\*innenbildung eingesetzt werden.
- Zu den Videoaufnahmen werden keine weiteren personenbezogenen Daten erhoben, sodass eine Rückführung auf Ihre Kinder durch Dritte ausgeschlossen werden kann. Die Videos werden so abgespeichert, dass nur ich Zugriff auf die Dateien habe. Um sie bestmöglich zu schützen, werden sie nur vorgeführt, aber nicht an andere weitergegeben.
- Die Aufnahmen werden ausschließlich zu Forschungs- und zu Ausbildungszwecken für Lehramtsstudierende und -anwärter\*innen im Vorbereitungsdienst sowie zu Lehrer\*innenfortbildungen genutzt. Die Speicherung und Nutzung der Aufnahmen erfolgt unbefristet unter Einhaltung des Schutzes der Persönlichkeitsrechte. Für die Videoaufnahmen werden keine Honorare gezahlt. Mit ihrer Nutzung wird meinerseits kein Geld verdient.

Gronewaldstraße 2  
50931 Köln

<http://www.uni-koeln.de/ew-fak/physik/>

Telefon: +49 221 470 8870  
Sekretariat: +49 221 470 5831  
Telefax: +49 221 470 8870  
hannah.weck@uni-koeln.de

Ich bitte Sie und Ihr Kind, die angehängte Einwilligungserklärung zu unterschreiben und diese bei der zuständigen Lehrkraft abzugeben. Hierfür

- setzen Sie bitte für jede sorgeberechtigte Person ein Kreuz,
- notieren Sie den vollständigen Namen,
- setzen beide Unterschriften (sofern vorhanden, müssen beide Sorgeberechtigte unterschreiben). Falls die Sorgeberechtigung nur bei einer Person liegt, kreuzen Sie dies bitte entsprechend an und entwerten das Feld für die/den zweiten Sorgeberechtigte/n.

Die Einwilligung kann jederzeit widerrufen werden. Wenden Sie sich dafür bitte an mich. Durch die Nichtteilnahme oder einen Widerruf der Einwilligung entstehen Ihrem Kind keine Nachteile, insbesondere hat dies keinerlei Auswirkung auf schulische Belange.

Für Nachfragen stehe ich Ihnen unter folgender Kontaktadresse gerne zur Verfügung:

Hannah Weck

Mail: hannah.weck@uni-koeln.de

Tel.: +49 221 470 8870

Über Ihre Unterstützung und die Mitwirkung Ihres Kindes würde ich mich sehr freuen und bedanke mich herzlich bei Ihnen.

Mit freundlichen Grüßen

  
\_\_\_\_\_  
(Hannah Weck)



### Einwilligungserklärung des Schülers und der Sorgeberechtigten zur Erstellung eines Videodokumentes

Ich bin damit einverstanden, dass ich im Rahmen des Dissertationsvorhabens von Frau Weck im Unterricht an der \_\_\_\_\_ gefilmt werde. Ich bin über die Verwendung des Videomaterials aufgeklärt worden.

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Schüler\*in

Hiermit erkläre(n) ich mich/wir uns als Sorgeberechtigte(r) einverstanden, dass

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname des/der Schüler\*in

|   | Ja | Nein |
|---|----|------|
| an den Videoaufnahmen im Rahmen des Dissertationsvorhabens von Frau Weck aktiv teilnehmen darf. Ich bin damit einverstanden, dass die in diesem Zusammenhang aufgezeichneten Videoaufnahmen zu Forschungswecken genutzt und unbefristet gespeichert werden. |    |      |

|  | Ja | Nur, wenn das Gesicht meines Kindes verpixelt wird. | Nur, wenn der Name meines Kindes übertönt wird. | Nein |
|--|----|---|---|------|
| Ich bin damit einverstanden, dass die Videoaufnahmen bei Fachtagungen gezeigt werden.  |    |   |   |      |
| Ich bin damit einverstanden, dass die Videoaufnahmen zu Ausbildungs- und Fortbildungszwecken in der Lehrer*innenbildung eingesetzt werden. |    |   |   |      |

Mir wurde ein Informationsschreiben ausgehändigt, in dem ich über das Vorhaben und die Verwendungssituationen der Videoaufnahmen aufgeklärt wurde. Ich habe die Inhalte verstanden und ich hatte Gelegenheit, Verständnisfragen zu stellen. Mir ist bekannt, dass ich diese Einwilligung jederzeit widerrufen kann.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

1 Sorgeberechtigte(r)

2 Sorgeberechtigte

\_\_\_\_\_  
Name des 1. Sorgeberechtigten

\_\_\_\_\_  
Name des 2. Sorgeberechtigten

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des 1. Sorgeberechtigten

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des 2. Sorgeberechtigten

### Anhang 11: Überblick über die individuellen Kompetenz(stufen) der Lernenden des ersten Mesozyklus

| Lernvoraussetzungen   | 1S1 | 1S2 | 1S3 | 1S4 | 1S5 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Arbeitsverhalten  |     |     |     |     |     |
| • kann kurze und klare Aufträge selbstständig ausführen   | x   | x   | x   | x   | x   |
| • kann sich den Arbeitsauftrag merken, z.B. wenn erst noch Material geholt werden muss              | x   | x   |     |     |     |
| • kann Aufgaben ausführen, die sich über dem konkret-gegenständlichen Niveau befinden               | x   | x   | x   | x   | x   |
| • kann gewohnte Handlungsabläufe weitestgehend selbstständig ausführen                              | x   | x   | x   | x   | x   |
| • führt mehrschrittige (> 3) Arbeitsabläufe selbstständig und folgerichtig (ggf. nach Vorlagen) aus | x   | x   |     |     |     |
| • kann über einen längeren Zeitraum an einer Aufgabe arbeiten                                       | x   | x   |     |     |     |
| • kann aufmerksam und konzentriert Handlungen anderer beobachten                                    | x   | x   | x   |     | x   |
| • benötigt regelmäßig direkte Ansprachen, um Arbeitsaufträge auszuführen                            |     |     | x   | x   | x   |
| • benötigt regelmäßig Wertschätzung des eigenen Handelns  |     |     |     | x   | x   |
| • kann auftretende Probleme selbstständig (ggf. Hilfeanforderung) lösen                             | x   | x   |     |     |     |
| • kann bekannte Lösungsstrategien übertragen  | x   | x   |     |     |     |
| • kann bekannte Sicherheitsregeln verlässlich beachten  | x   | x   | x   | x   | x   |
| • kann sich selbstständig auf Arbeitsblättern orientieren   | x   | x   | x   |     |     |
| • kann sachgemäß mit den Materialien umgehen  | x   | x   | x   | x   | x   |
| Lesekompetenz   |     |     |     |     |     |

|  |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
| • kann Bilder, Symbole und Piktogramme lesen                                   | x | x | x | x | x |
| • kann Abbildungen Objekten zuordnen   | x | x | x | x | x |
| • kann Buchstaben benennen   | x | x | x |   | x |
| • kann einzelne Wörter lesen   | x |   | x |   | x |
| • kann einzelne Sätze lesen  | x |   | x |   |   |
| • kann einzelne Sätze verschriftlichen   | x |   | x |   |   |
| • kann den Sinnzusammenhang des Gelesenen (Leseverständnis) verstehen          | x | x | x |   | x |
| Kommunikation  |   |   |   |   |   |
| • kann über Lautierungen, Gestiken und Hinführen zu Gegenständen kommunizieren |   |   |   |   |   |
| • kann über Gebärden kommunizieren   |   |   |   |   |   |
| • kann auf geschlossene Fragen mit Ja und Nein antworten                       | x | x | x | x | x |
| • kann in Ein- und Zweitwortsätzen reden                                       | x | x | x | x | x |
| • kann in ganzen und grammatikalisch korrekten Sätzen reden                    | x | x | x |   | x |
| Motorik  |   |   |   |   |   |
| • kann Muskeln in den Fingern und Händen kontrollieren und gezielt ansteuern   | x | x |   | x | x |
| • verfügt über Hand- und Fingerkraft   | x | x | x | x | x |
| • integriert beide Hände (Hand-Hand-Koordination)                              | x | x | x | x | x |
| • kann die Kraft der Hände an Greifobjekte anpassen (Kraftdosierung)           | x | x |   | x | x |
| • kann Gegenstände im Pinzettengriff greifen und festhalten                    | x | x | x | x | x |
| • kann zielgenau Bewegungen ausführen  | x | x |   | x | x |

| experimentelle Kompetenz   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
| Alle Lernenden haben vermutlich kein Wissen über Stromkreisläufe.<br>Sie haben sich im Unterricht noch nicht gezielt mit den Begriffen Energie, Elektrik, Strom etc. auseinandergesetzt. |   |   |   |   |   |
| • kann Erwartungen bezüglich des Versuchsausgangs formulieren  | x | x | x |   |   |
| • kann Versuche gemäß Experimentieranleitung aufbauen  | x | x | x | x | x |
| • kann einfache Versuche gemäß Experimentieranleitung durchführen  | x | x | x | x | x |
| • kann Versuche unter der Berücksichtigung von Variablenkontrolle durchführen  | x | x |   |   |   |
| • kann zielgerichtet und genau beobachten  | x | x |   |   | x |
| • kann Veränderungen wahrnehmen  | x | x |   |   | x |
| • kann zwei Versuchsbedingungen miteinander vergleichen  | x | x | x | x | x |
| • kann gemachte Beobachtungen beschreiben  | x | x | x |   |   |
| • kann die Beobachtungen auf einem Beobachtungsbogen notieren  | x | x | x |   | x |
| • kann Versuchsergebnisse bezüglich einer Fragestellung interpretieren   | x | x | x |   |   |
| • kann einfache Hypothesen anhand von Messdaten bestätigen oder verwerfen  | x | x |   |   |   |
| • kann Hypothesen zur Erklärung der Beobachtungen auf der Basis gegebener Phänomene formulieren  | x | x | x |   |   |
| • kann qualitative Zusammenhänge ableiten  | x | x | x |   | x |
| • kann halb-quantitative Zusammenhänge ableiten (je mehr – desto / wenn – dann)  | x | x |   |   |   |

## Anhang 12: Überblick über die individuellen Kompetenz(stufen) der Lernenden des zweiten Mesozyklus

| Lernvoraussetzungen   | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 2S4 | 2S5 | 2S6 | 2S7 | 2S8 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Arbeitsverhalten  |     |     |     |     |     |     |     |     |
| • kann kurze und klare Aufträge selbstständig ausführen   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
| • kann sich den Arbeitsauftrag merken, z.B. wenn erst noch Material geholt werden muss              |     | x   |     |     | x   |     | x   |     |
| • kann Aufgaben ausführen, die sich über dem konkret-gegenständlichen Niveau befinden               | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
| • kann gewohnte Handlungsabläufe weitestgehend selbstständig ausführen                              | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     |
| • führt mehrschrittige (> 3) Arbeitsabläufe selbstständig und folgerichtig (ggf. nach Vorlagen) aus |     | x   |     |     | x   |     | x   |     |
| • kann über einen längeren Zeitraum an einer Aufgabe arbeiten                                       |     | x   | x   | x   | x   |     | x   |     |
| • kann aufmerksam und konzentriert Handlungen anderer beobachten                                    |     | x   |     | x   | x   |     | x   |     |
| • benötigt regelmäßig direkte Ansprachen, um Arbeitsaufträge auszuführen                            | x   |     |     | x   |     | x   |     | x   |
| • benötigt regelmäßig Wertschätzung des eigenen Handelns  | x   |     | x   | x   |     | x   |     | x   |
| • kann auftretende Probleme selbstständig (ggf. Hilfeanforderung) lösen                             |     | x   | x   | x   | x   | x   | x   | x   |
| • kann bekannte Lösungsstrategien übertragen  |     | x   |     |     | x   |     | x   |     |
| • kann bekannte Sicherheitsregeln verlässlich beachten  |     | x   | x   | x   | x   |     | x   |     |
| • kann sich selbstständig auf Arbeitsblättern orientieren   | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     |
| • kann sachgemäß mit den Materialien umgehen  | x   | x   | x   | x   | x   |     | x   |     |
| Lesekompetenz   |     |     |     |     |     |     |     |     |

|  |   |     |   |   |   |   |   |   |
|--|---|-----|---|---|---|---|---|---|
| • kann Bilder, Symbole und Piktogramme lesen                                       | x | x   | x | x | x | x | x | x |
| • kann Abbildungen Objekten zuordnen   | x | x   | x | x | x | x | x | x |
| • kann Buchstaben benennen   |   | x   | x | x | x |   | x |   |
| • kann einzelne Wörter lesen   |   | x   |   | x | x |   | x |   |
| • kann einzelne Sätze lesen  |   |     |   |   | x |   |   |   |
| • kann einzelne Sätze verschriftlichen   |   |     |   |   | x |   |   |   |
| • kann den Sinnzusammenhang des Gelesenen (Leseverständnis) verstehen              |   | x   | x | x | x |   | x |   |
| Kommunikation  |   |     |   |   |   |   |   |   |
| • kann über Lautierungen, Gestiken und Hinführen zu einem Gegenstand kommunizieren |   |     |   |   |   |   |   |   |
| • kann über Gebärden kommunizieren   |   | x   |   |   |   |   |   | x |
| • kann auf geschlossene Fragen mit Ja und Nein antworten                           | x | x   | x | x | x | x | x | x |
| • kann in Ein- und Zweitwortsätzen reden   | x | (x) | x | x | x | x | x |   |
| • kann in ganzen und grammatikalisch korrekten Sätzen reden                        |   |     | x | x | x |   | x |   |
| Motorik  |   |     |   |   |   |   |   |   |
| • kann Muskeln in den Fingern und Händen kontrollieren und gezielt ansteuern       | x | x   | x | x | x | x | x | x |
| • verfügt über Hand- und Fingerkraft   | x | x   | x | x | x | x | x | x |
| • integriert beide Hände (Hand-Hand-Koordination)                                  | x | x   | x | x | x | x | x | x |
| • kann die Kraft der Hände an Greifobjekte anpassen (Kraftdosierung)               | x | x   | x | x | x | x | x |   |
| • kann Gegenstände im Pinzettengriff greifen und festhalten                        | x | x   | x | x | x | x | x | x |
| • kann zielgenau Bewegungen ausführen  | x | x   | x | x | x |   | x |   |

| experimentelle Kompetenz   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alle Lernenden haben vermutlich kein Wissen über Stromkreisläufe.<br>Sie haben sich im Unterricht noch nicht gezielt mit den Begriffen Energie, Elektrik, Strom etc. auseinandergesetzt. |   |   |   |   |   |   |   |   |
| • kann Erwartungen bezüglich des Versuchsausgangs formulieren  |   | X |   |   | X |   | X |   |
| • kann Versuche gemäß Experimentieranleitung aufbauen  | X | X | X | X | X |   | X |   |
| • kann einfache Versuche gemäß Experimentieranleitung durchführen  | X | X | X | X | X |   | X |   |
| • kann Versuche unter der Berücksichtigung von Variablenkontrolle durchführen  |   | X | X | X | X |   | X |   |
| • kann zielgerichtet und genau beobachten  | X | X | X | X | X | X | X | X |
| • kann Veränderungen wahrnehmen  | X | X | X | X | X | X | X | X |
| • kann zwei Versuchsbedingungen miteinander vergleichen  | X | X | X | X | X | X | X | X |
| • kann gemachte Beobachtungen beschreiben  | X | X | X | X | X | X | X |   |
| • kann die Beobachtungen auf einem Beobachtungsbogen notieren  | X | X | X | X | X | X | X | X |
| • kann Versuchsergebnisse bezüglich einer Fragestellung interpretieren   |   | X | X | X | X |   | X |   |
| • kann einfache Hypothesen anhand von Messdaten bestätigen oder verwerfen  |   | X |   |   | X |   | X |   |
| • kann Hypothesen zur Erklärung der Beobachtungen auf der Basis gegebener Phänomene formulieren  |   | X |   |   | X |   | X |   |
| • kann qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge ableiten  |   | X |   |   | X |   | X |   |
| • kann halb-quantitative Zusammenhänge ableiten (je mehr – desto / wenn – dann)  |   | X |   |   | X |   | X |   |

## Anhang 13: Codiermanual für die niedrig-inferente Codierung

| Code | Bezeichnung                               | Definition  | Ankerbeispiel                               | Regel   |
|------|---|---|---|---|
| i    | eBook                                     | Szenen, in denen die Lernenden das eBook nutzen, um sich einen Handlungsschritt zu erschließen. | 2S2, Stunde 1, Minute 24:56<br>(bis melden) | Szenen, in denen sie sich den nächsten Handlungsschritt erschließen, indem sie die Arbeitsanweisung durchlesen, eine Audiodatei anhören, ein Foto und/oder Video anschauen.   |
| n    | Nachdenken                                | Szenen, in denen die Lernenden über eine Lösungsstrategie nachdenken.                           | 2S3, Stunde 3, Minute 26:15- 26:50          | Szenen, in denen die Lernenden bei einer Barriere ihre Handlung unterbrechen, niemanden um Hilfe bitten, sich nicht an anderen orientieren, das eBook nicht nutzen und dann eine Lösung finden.   |
| a    | Abgucken (bei Mitschüler*in)              | Szenen, in denen die Lernenden bei Mitlernenden abgucken.                                       | 2S4, Stunde 5, Minute 22:05-22:11           | Szenen, in denen die Lernenden sich in Bezug auf das benötigte Material, den Versuchsaufbau, die Handlungsausführung an Mitlernenden orientieren.   |
| r    | Imitieren (Mitschüler*in) / reproduzieren | Szenen, in denen die Lernenden Handlungen anderer imitieren.                                    | 2S4, Stunde 5, Minute 19:20- 19:50          | Szenen, in denen die Lernenden Mitschüler*innen beim Materialholen, dem Versuchsaufbau oder der -durchführung imitieren.  |
| h    | Hilfe beim Lehrer anfordern               | Szenen, in denen die Lernenden proaktiv bei der Lehrkraft um Hilfe bitten.                      | 2S2, Stunde 1, Minute 22:21-23:42           | Szenen, in denen die Lernenden sich melden, die Lehrkraft nach Hilfe oder dem nächsten Handlungsschritt fragen, Blickkontakt mit der Lehrkraft aufnehmen, die Lehrkraft rufen, der Lehrkraft Gegenstände hinhalten, die Lehrkraft antippen etc. |
| b    | Bestätigung beim Lehrer anfordern         | Szenen, in denen die Lernenden proaktiv Bestätigung von der Lehrkraft einfordern.               | 2S4, Stunde 5, Minute 33:46-33:55           | Szenen, in denen die Lernenden bzgl. des nächsten Handlungsschritts, des Versuchsaufbaus,   |



|   |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
|   |   |   |  | ihrer gemachten Beobachtung, des geholten Materials etc. sich bei der Lehrkraft rückversichern   |
| m | Mitschüler um Hilfe fragen                                | Szenen, in denen die Lernenden proaktiv Mitschüler*innen um Hilfe bitten.   | 2S4, Stunde 5, Minute 09:33-09:48  | Szenen, in denen die Lernenden Mitlernende nach Hilfe oder dem nächsten Handlungsschritt fragen, Blickkontakt mit Mitlernenden aufnehmen, Mitlernende rufen, Mitlernenden Gegenstände hinhalten, Mitlernende antippen etc. |
| t | Ausprobieren/testen                                       | Szenen, in denen die Lernenden Dinge wahllos und nicht zielgerichtet variieren.                                     | 2S7, Stunde 5, Minute 23:57-24:24  |  |
| d | Bevormunden<br>(zu schnell geholfen / zu stark geholfen)  | Szenen, in denen die Lehrkräfte den Lernenden helfen, ohne darum gebeten worden zu sein.                            | 2S6, Stunde 3, Minute: 18:28-18:30                                       |  |
| f | Fragen – Schüler animiert selbst auf die Lösung zu kommen | Szenen, in denen die Lehrkräfte durch Fragen die Lernenden animieren, selbst auf die Lösung zu kommen.              | 2S7, Stunde 1, Minute 24:49- 26:00,<br>2S5, Stunde 5, Minute 27:30-27:48 |  |
| p | Hinweis geben<br>(mündlich / handelnd)                    | Szenen, in denen die Lehrkraft den Lernenden Hinweise gibt.   | 2S5, Stunde 3, Minute 34:16-35:16  | Szenen, in denen die Lehrkräfte den Lernenden z.B. mündlich oder durch Vormachen einer Handlung einen Tipp geben.  |
| w | Blockieren  | Szenen, in denen Lernende die Hilfe der Lehrkraft ablehnen.   | 2S5, Stunde 5, Minute 29:30- 31:11<br>(2S5 verweigert Zusammenarbeit)    | Szenen, in denen die Lernenden die Hilfe verbal ablehnen oder sich körperlich wegrehen, Dinge wegschieben, die Arme vor dem Körper verschränken und nicht weiterarbeiten etc.  |
| l | Bestätigen / Loben  | Szenen, in denen die Lehrkraft Lernende bzw. deren Handlung loben oder die richtige Ausführung positiv hervorheben. | 2S6, Stunde 3, Minute 26:34-26:55  |  |

|   |   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
| g | Zusammenarbeit /<br>gemeinsam arbeiten                            | Szenen, in denen die Lehrkraft gemeinsam mit Lernenden arbeitet.                     | 2S2 + 2S7, Stunde 5,<br>Minute 27:37-28:27 + 30:37- 33:22                           | Szenen, in denen die Lehrkraft sich zu den Lernenden setzt und gemeinsam mit ihnen handelt bzw. Hilfestellung bei der Handlung leistet.   |
| s | Hinweis geben<br>(mündlich / handelnd)<br>Spur                    | Szenen, in denen eine lernende Person einer anderen Hinweise gibt.                   | 2S2 + 2S7, Stunde 2, Minute 27:00-27:53<br>2S7 gibt 2S2 einen Hinweis (handelnd)    | Szenen, in den Lernende anderen Lernenden z.B. mündlich oder durch Vormachen einer Handlung einen Tipp geben.   |
| k | Austausch /<br>Kommunikation                                      | Szenen, in denen die Lernenden sich mündlich gegenseitig unterstützen.               | 2S2 + S27, Stunde 1, Minute 16:39-17:24,<br>2S1 + 2S3, Stunde 1, Minute 17:08-17:16 | Szenen, in denen sich Lernende über den nächsten Handlungsschritt, das Material, eine mögliche Fehlerquelle oder Lösungsstrategie austauschen und gegenseitig beraten.  |
| e | Bevormunden (zu schnell geholfen / zu stark geholfen) / Einwirken | Szenen, in denen Lernende anderen helfen, ohne darum gebeten worden zu sein.         | 1S2 + 1S4, Stunde 5, Minute 37:08-37:52   |   |
| v | Blockieren /<br>verweigern  | Szenen, in denen Lernende nicht mit anderen zusammenarbeiten wollen.                 | 1S5 Stunde 5, Minute 35:15- 35:24   | Szenen, in denen die Lernenden die Zusammenarbeit verbal ablehnen oder sich körperlich weg-drehen, Dinge wegschieben oder für sich beanspruchen, die Arme vor dem Körper verschränken und nicht weiterarbeiten etc. |
| z | Zusammenarbeit  | Szenen, in denen Lernende von sich aus zusammenarbeiten / gemeinsam experimentieren. | 2S2 + 2S7, Stunde 5, Minute 30:50-31:10<br>2S2 + 2S7, Stunde 1, Minute 16:39-17:24  | Szenen, in denen die Lernenden am eigenen Versuch arbeiten, aber mit dem nächsten Handlungsschritt wartet, bis die andere Person ebenfalls soweit ist.  |
| u | Undefiniert   | Szenen, die nicht einer der Kategorien zugeordnet werden können.                     |   |   |
| c | Cut / neue Phase  | Phasenwechsel im Experimentierablauf   |   |   |

## Anhang 14: Codiermanual für die hoch-inferente Codierung

| Kategorie  | Definition   | Ankerbeispiel  | Regel  |
|--|--|--|--|
| <b>Works</b>   |  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Zugänge</li> </ul>                    |  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Audiodatei</li> </ul>                 | Szenen, in denen sich die Lernenden eine Audiodatei anhören, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen und entsprechend auszuführen.                | S: <i>[Startet die Audiodatei auf der Folie. Nimmt sich den mit Wasser gefüllten Messbecher und schenkt Wasser in die Schale ein.]</i>   | Alle Szenen, in denen die hinterlegten Audiodateien sinnvoll genutzt werden, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Fotoanleitung mit Realiter</li> </ul> | Szenen, in denen sich die Lernenden ein Foto anschauen, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen und entsprechend auszuführen.                     | S: <i>[Hält die Zink-Platte neben das Foto im Tablet.] Ist richtig.</i>  | Alle Szenen, in denen die hinterlegten Fotos länger fixiert werden, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen.          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Piktogramme</li> </ul>                | Szenen, in denen die Lernenden ein Piktogramm sinnentnehmend dekodieren.   | S: <i>[Wischt im Tablet zwei Folien weiter.] Ach, ich kann Musik hören.</i><br><hr/> S: <i>[Tippt auf das Piktogramm für „der“ und macht die Gebärde für „der“.]</i>   | Alle Szenen, in denen die Piktogramme genutzt werden, um sich i.d.R. die Aufgabe auf den Arbeitsblättern zu erschließen.           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Text</li> </ul>                       | Szenen, in denen sich die Lernenden eine schriftliche Anweisung durchlesen, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen und entsprechend auszuführen. | S: <i>[Wischt eine Folie weiter und liest laut.] Stelle die schwarze Platte (Kohleplatte) in die Schale. [Liest laut.] Stelle die silberne Platte (Zinkplatte) in die Schale. [Nimmt die Kohleplatte und die Zinkplatte und stellt beide in die Schale.]</i> | Alle Szenen, in denen die schriftliche Anleitung genutzt wurde, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen.              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Video</li> </ul>                      | Szenen, in denen die Lernenden ein Video anschauen, um sich den nächsten   | S: <i>[Startet das Video auf der Folie.] So reinstecken, [Name von L].</i>   | Alle Szenen, in denen die hinterlegten Videodateien sinnvoll genutzt werden,   |

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
|  | Handlungsschritt zu erschließen und entsprechend auszuführen.  |   | um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multimedia</li> </ul>       | Szenen, in denen die Lernenden mindestens zwei Zugangsmöglichkeiten (Text & Foto / Text & Video / Audio & Foto / Audio & Video) nutzen, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen und entsprechend auszuführen. | S: <i>[Schließt den Vollbildmodus des Fotos und startet die zweite Audiodatei auf der Folie.]</i>   | Alle Szenen, in denen mindestens zwei Zugangsmöglichkeiten (Text & Foto / Text & Video / Audio & Foto / Audio & Video) sinnvoll genutzt werden, um sich den nächsten Handlungsschritt zu erschließen. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprache</li> </ul>          | Szenen, in denen die Lernenden sich mithilfe von sprachlichen Vereinfachungen, den nächsten Handlungsschritt erschließen und entsprechend ausführen.   | S: <i>Blau und rot ist richtig? [Zeigt auf die am Pluspol des Motors angeklebte blaue Laborschnur.]</i>   | Alle Szene, in denen die sprachlichen Vereinfachungen genutzt werden, um den nächsten Handlungsschritt sinngemäß auszuführen.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Farben</li> </ul>           | Szenen, in denen die Lernenden sich mithilfe von farblichen Markierungen, den nächsten Handlungsschritt erschließen und entsprechend ausführen.  | S: <i>[Hält Tablet vor sich in den Händen.] Rot zu rot.</i>   | Alle Szenen, in denen die farblichen Markierungen genutzt werden, um den nächsten Handlungsschritt sinngemäß auszuführen.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblätter</li> </ul>   | Szenen, in denen die Lernenden sich mithilfe der Arbeitsblätter den nächsten Handlungsschritt erschließen und entsprechend ausführen.  | S: <i>Zwei. [Zeigt zwei Finger und macht dann die Gebärde für „zusammen“.]</i><br>L: <i>[Legt das Arbeitsblatt auf den Tisch.] Zwei sollen zusammen? [Zeigt auf die erste Aufgabe.]</i> | Alle Szenen, in denen die Versuchsskizzen auf den Arbeitsblättern genutzt werden, um den nächsten Handlungsschritt sinngemäß auszuführen.   |
| <b>Kompetenzen</b>   |  |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsergebnis</li> </ul> |  |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• verbal</li> </ul>           | Szenen, in denen die Lernenden ihre beobachteten Versuchsergebnisse mitteilen.   | S: <i>Dreht sich gar nicht. [Zeigt auf den Propeller des Motors.]</i><br>S: <i>[Bewegt den Kopf im Takt der Geräusche.]</i>   | Szenen, in denen die Lernenden ihre beobachteten Versuchsergebnisse verbal oder durch (Zeige-)Gesten, Gebärden, Bewegungen, Mimik, etc. äußern.   |

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeitsblatt</li> </ul>                 | Szenen, in denen die Lernenden ihre beobachteten Versuchsergebnisse sinngemäß auf dem Arbeitsblatt notieren.                         | S: <i>[Kreuzt das Symbol für „langsam“ an.]</i>   | Szenen, in denen die Lernenden ihre beobachteten Versuchsergebnisse verschriftlichen oder durch Markierungen auf dem Arbeitsblatt notieren.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitschüler*innen helfen</li> </ul>      | Szenen, in denen die Lernenden proaktiv Mitlernenden helfen oder einen Hinweis geben.  | S: <i>Du brauchst so eine hier. [Nimmt die LED vom eigenen Arbeitsplatz, hält sie hoch und zeigt sie S4.]</i> | Szenen, in denen die Lernenden proaktiv Mitlernenden Tipps und Hinweise geben, Materialien zeigen, ihnen beim Versuchsaufbau helfen, im eBook zur aktuellen Folie wischen etc.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Hilfe anfordern</li> </ul>              |  |   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Lehrkraft</li> </ul>                    | Szenen, in denen die Lernenden die Lehrkraft in Bezug auf die Lernaufgabe um Unterstützung bitten oder diesbezüglich Fragen stellen. | S: <i>Äh, [Name von L] kannst du mir mal helfen?</i><br>S: <i>[Meldet sich.]</i>                              | Szenen, in denen die Lernenden sich melden, die Lehrkraft nach Hilfe oder dem nächsten Handlungsschritt fragen, Blickkontakt mit der Lehrkraft aufnehmen, die Lehrkraft rufen, der Lehrkraft Gegenstände hinhalten, die Lehrkraft antippen etc. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitschüler*innen</li> </ul>             | Szenen, in denen die Lernenden Mitlernende in Bezug auf die Lernaufgabe um Unterstützung bitten oder diesbezüglich Fragen stellen.   | S: <i>[Name von S3], wo hast du das gefunden?</i>   | Szenen, in denen die Lernenden Mitlernende nach Hilfe oder dem nächsten Handlungsschritt fragen, Blickkontakt mit Mitlernenden aufnehmen, Mitlernende rufen, Mitlernenden Gegenstände hinhalten, Mitlernende antippen etc.                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitschüler*innen orientieren</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden sich in Bezug auf die Lernaufgabe an ihren Mitlernenden orientieren.                                  | S: <i>[Schaut in Richtung S1, dann auf den eigenen aufgebauten Versuch und dann wieder in Richtung S1.]</i>   | Szenen, in denen die Lernenden sich in Bezug auf das benötigte Material, den Versuchsaufbau, die Handlungsausführung an Mitlernenden orientieren oder diese auch imitieren.   |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transfer</li> </ul>              | Szenen, in denen die Lernenden Handlungen oder Wissen transferieren können.  | S: <i>[Nimmt die Lampe in die eigene Hand und hält die Anschlüsse an den Pluspol einer C-Baby-Batterie.]</i>   | Szenen, in denen die Lernenden z.B. Versuchsbedingungen übertragen oder die Verbindung zu einer handelsüblichen Batterie herstellen können.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablet-Bedienung</li> </ul>      | Szenen, in denen die Lernenden kompetent das eBook bedienen.   | S: <i>[Tippt auf im Tablet „nein“, d.h., dass die Lampe nicht leuchtet. Der Hyperlink öffnet eine Folie, die dazu auffordert zu überlegen, was am Versuchsaufbau verändert werden kann.]</i> | Szenen, in denen die Lernenden kompetent das eBook bedienen, die nicht einer der Unterkategorien zugeordnet werden können und zu selten für eine eigene Unterkategorie auftreten sind.                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhaltsübersicht</li> </ul>      | Szenen, in denen die Lernenden selbstständig das eBook öffnen, wenn die Inhaltsübersicht zu sehen ist.             | S: <i>[Tippt in der App „Bücher“ auf das Tablet. Beim Tablet öffnet sich die Inhaltsübersicht. Tippt unten im Streifen auf die erste Folie. Diese öffnet sich im Vollbildmodus.]</i>         |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildschirmschoner</li> </ul>     | Szenen, in denen die Lernenden selbstständig das eBook wieder aufrufen, wenn der Bildschirm ausgegangen ist.       | S: <i>[Drückt auf den Home-Button des Tablets, der Bildschirm ist ausgegangen.]</i>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollbildmodus</li> </ul>         | Szenen, in denen die Lernenden selbstständig Fotos und Videos im Vollbildmodus öffnen und diesen wieder schließen. | S: <i>[Schließt den Vollbildmodus eines Fotos im Tablet.]</i>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hypothesenbildung</li> </ul>     | Szenen, in denen die Lernenden Vermutungen äußern.   | L: Klappt das mit zwei Batterien?<br>S: Nee.<br>L: Was könnt’e noch machen?<br>S: Noch ‘ne Batterie?   | Szenen, in denen die Lernenden Vermutungen äußern, was beobachtet werden kann, wie die Beobachtungen zustande kommen bzw. erklärt werden können, was verändert werden muss, damit Stromfluss wahrnehmbar ist etc. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• eBook als Hilfsmittel</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden gezielt von sich aus auf das eBook als Hilfsmittel zurückgreifen.                   | L: Was könnten wir denn noch machen?   | Szenen, in denen die Lernenden gezielt von sich aus auf das eBook als Hilfsmittel zurückgreifen, die nicht einer  |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  | S: <i>[Drückt auf den Home-Button des Tablets, der Bildschirm ist ausgegangen.]</i>  | der Unterkategorien zugeordnet werden können und zu wenig für eine eigene Unterategorie aufgetreten sind.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsaufbau</li> </ul>       | Szenen, in denen die Lernenden auf das eBook zurückgreifen, um sich den Versuchsaufbau in Erinnerung zu rufen.       | S: <i>[Setzt sich die Kopfhörer auf.] So, was brauch ich denn noch? [Tippt auf den Bildschirm des Tablets und startet ein Audio.]</i>  | Szenen, in denen sich die Lernenden mithilfe der multimedialen Elemente im eBook den Versuchsaufbau erschließen oder Fehler im eigenen Aufbau durch Abgleichungen suchen.                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsdurchführung</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden auf das eBook zurückgreifen, um sich die Versuchsdurchführung in Erinnerung zu rufen. | S: <i>[Startet die Audiodatei auf der Folie.] Tauschen.</i>  | Szenen, in denen sich die Lernenden mithilfe der multimedialen Elemente im eBook die Versuchsdurchführung erschließen oder Fehler im eigenen Handeln suchen.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation</li> </ul>        | Szenen, in denen die Lernenden mithilfe des eBook kommunizieren.   | <p>S: <i>[Zeigt auf die Stelle im Foto, wo die blaue Laborschnur an der Zinkplatte geklemmt ist.] Dieses hier.</i></p> <hr/> <p>S: <i>[Startet eine Audiodatei im Tablet und gibt den Inhalt wieder.] Die Lampe soll leuchten.</i><br/> L: Leuchtet sie?<br/> S: <i>[Lacht.] Nein.</i></p> <hr/> <p>S: <i>Leitungs... [Blickt zurück auf das Tablet.] Leitungswasser soll voll sein.</i></p> | Szenen, in denen die Lernenden mithilfe des eBook kommunizieren, indem sie auf Gegenstände in Fotos zeigen, Inhalte von Audiodateien wiederholen oder unbekannte (Fach-)Begriffe üben.                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• (Handlungs-)Wissen</li> </ul>   | Szenen, in denen die Lernenden durch Handlungen oder Äußerungen ihr Wissen zeigen.                                   | S: <i>[Wischt in einer Galerie im eBook ein Foto weiter.] Ah, die muss ich wieder umtauschen.</i>  | Szenen, in denen die Lernenden durch Handlungen oder Äußerungen ihr Wissen zeigen, die nicht einer der Unterkategorien zugeordnet werden können und zu selten für eine eigene Unterategorie aufgetreten sind. |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Platten abspülen</li> </ul>         | Szenen, in denen die Lernenden zeigen, dass sie wissen, dass sie die Elektroden und die Schale nach jeder Versuchsbedingung abspülen müssen. | S: Ah, ich muss ja Schale leeren.   | Szenen, in denen die Lernenden verbalisieren, dass die Materialien abgespült werden müssen oder in denen sie diese abspülen.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Platten berühren</li> </ul>         | Szenen, in denen die Lernenden zeigen, dass sie wissen, dass die Elektroden sich nicht berühren dürfen.                                      | S: <i>[Greift die Kohleplatte und die Zinkplatte. Positioniert beide so in der Schale, dass sie sich nicht mehr berühren.]</i>  | Szenen, in denen die Lernenden die Elektroden auseinanderstellen, -halten oder eine Trennwand dazwischen positionieren.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialhandhabung</li> </ul>       | Szenen, in denen die Lernenden zeigen, dass sie wissen, wie sie mit dem Material umgehen müssen.   | L: <i>[Nimmt die Zink-Platte aus der Schale.] Kannst du das aufmachen? Weißt du, wie das aufgeht?</i><br>S: Ja. <i>[Drückt eine Krokodilklemme, die auf die blaue Laborschnur gesteckt ist, hinten zusammen, sodass sie sich vorne öffnet.]</i> |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrmaterialkenntnis</li> </ul>     | Szenen, in denen die Lernenden zeigen, dass sie Lehrmaterial eindeutig identifizieren können.  | S: <i>[Zeigt an das andere Ende des Tisches, wo mehrere Flaschen – Cola, Essig und destilliertes Wasser – stehen. Steht auf und holt die Flasche mit dem destillierten Wasser.]</i>   | Szenen, in denen die Lernenden gezielt das entsprechende Lehrmaterial holen oder verwenden.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschlusskontrolle</li> </ul>       | Szenen, in denen die Lernenden die Verbindung zwischen Laborschnur und den Elektroden oder zwischen Laborschnur und den Polen kontrollieren. | S: <i>[Kontrolliert die Verbindung zwischen der roten Laborschnur und dem Pluspol des Piepsers.]</i>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsaufbau auswendig</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden den Versuch auswendig aufbauen.   | Das habe ich. <i>[Zeigt auf die Schale mit der Kohle- und Zink-Platte.]</i><br>S: <i>[Greift nach der Salzpackung vor sich und schüttet es auf den Löffel. Auf dem Tablet ist noch die Materialliste zu sehen.]</i>                             | Szenen, in denen die Lernenden den Versuch auswendig aufbauen, ohne das eBook zu nutzen, die Lehrkraft um Hilfe zu bitten oder sich gezielt an Mitlernenden orientieren. |



|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsaufbau – Lehrkraftinteraktion</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden auf Rückfragen der Lehrkraft wissen, wie der Versuch aufgebaut oder durchgeführt wird.  | <p>L: So. Was musst du jetzt tauschen?</p> <p>S: Die Rote muss zum Blauen. <i>[Zeigt auf den Anschluss am blauen Kabel des Motors.]</i></p>                                  | Szenen, in denen die Lernenden auf Rückfragen der Lehrkraft verbal oder durch Handlungen reagieren und dadurch zeigen, dass sie wissen, wie der Versuch aufgebaut oder durchgeführt wird. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umrühren</li> </ul>                              | Szenen, in denen die Lernenden selbstständig das Elektrolyt umrühren.  | S: <i>[Nimmt die Zinkplatte und rührt damit in der Schale um.]</i>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umpolen</li> </ul>                               | Szenen, in denen die Lernenden wissen, wie sie dem Stromumwandler umpolen müssen.  | S: <i>[Löst die blaue Laborschnur von der Zinkplatte und klemmt sie an die Kohleplatte. Löst die rote Laborschnur von der Kohleplatte und klemmt sie an die Zinkplatte.]</i> |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propeller drehen</li> </ul>                      | Szenen, in denen die Lernenden die Luftschraube des Motors drehen.   | S: <i>[Tippt auf den Propeller, sodass er sich dreht.]</i>   | Szenen, in denen die Lernenden, die Luftschraube, die sich nicht durch einen Stromfluss bewegt, antippen und bewegen.   |
| <b>Barrieren</b>  |  |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verortung im Selbst</li> </ul>                   | Szenen, in den Barrieren identifiziert werden, die z.B. auf fehlende Motivation oder Interesse in Bezug auf das Unterrichtsthema, individuelle Vorstellungen, auf Vor- und Alltagserfahrungen sowie kognitive und physische Voraussetzungen beruhen. | S: <i>[Zählt die Krokodilklemmen in der Hand.]</i> Eins ... drei.  | Szenen, in denen die identifizierten Barrieren nicht einer der Unterkategorien zugeordnet werden können und zu selten für eine eigene Unterkategorie aufgetreten sind.                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unsicherheit</li> </ul>                          | Szenen, in denen die Lernenden eine Absicherung seitens der Lehrkraft benötigen.   | S: <i>[Tippt L an.]</i> Ich muss jetzt... <i>[Macht die Gebärde für „tauschen“.]</i>   | Szenen, in denen die Lernenden bzgl. des nächsten Handlungsschritts, des Versuchsaufbaus, ihrer gemachten Beobachtung, des geholten Materials etc. sich bei der Lehrkraft rückversichern. |

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuch muss funktionieren</li> </ul>     | <p>Szenen, in denen die Lernenden unbedingt einen Stromfluss beobachten wollen.</p>  | <p>S: <i>[Blickt vom Tablet Richtung Motor. Der Motor dreht sich nicht. Beugt sich über das Arbeitsblatt.] Da, ja. [Kreuzt an, dass sich der Motor dreht.]</i></p> <hr/> <p>L: Ist alles richtig so.<br/>S: Warum dreht er dann nicht?</p>  | <p>Szenen, in denen die Lernenden richtig beobachten, dass kein Stromfluss zu erkennen ist, aber bewusst notieren, dass dieser beobachtet wurde.</p> <p>Szenen, in denen die Lernenden affektive Reaktionen bzgl. des Versuchsergebnisses zeigen.</p> <p>Szenen, in denen die Lernenden Schwierigkeiten haben zu akzeptieren, dass kein zu beobachtender Stromfluss ein richtiges Ergebnis sein kann.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevanz-Bias</li> </ul>                  | <p>Szenen, in denen die Lernenden relevante und unrelevante Abweichungen von der Versuchsanleitung unterscheiden können.</p>       | <p>S: Aber das muss schon gerade sein. Da habe ich irgendetwas falsch gemacht.</p>  | <p>Szenen, in denen die Lernenden z.B. die identischen Materialien wie in der Versuchsanleitung verwenden wollen oder die Versuchsmaterialien in Bezug auf Abstände und Positionierung zueinander mit der Anleitung überstimmen müssen.</p>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physisch (Motorik &amp; Kraft)</li> </ul> | <p>Szenen, in denen die körperlichen Voraussetzungen der Lernenden in Kombination mit den Lernmaterialien zu Barrieren führen.</p> | <p>S: <i>[Öffnet die Krokodilklemme, nimmt ein Ende der blauen Laborschnur und will die Krokodilklemme an denen Bananenstecker klemmen. Die Hände zittern stark.]</i></p> <hr/> <p>L: Feste, feste, feste. <i>[Dreht die Hand, die den Bananenstecker hält, hin und her und drückt gegen die Hand von S6, die die Krokodilklemme hält.]</i></p> | <p>Szenen, in denen die Lernenden Hilfe bei der Ausführung von motorischen Handlungen benötigen.</p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verortung in Funktionssystemen</li> </ul> | <p>Szenen, in denen rechtliche, ökonomische, organisatorische und formale Zugangsbarrieren identifiziert werden.</p>               |   | <p>Da diese Kategorie nicht codiert wurde, gibt es kein Ankerbeispiel.</p>  |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verortung in Kommunikation / Interaktion</li> </ul>                 | Szenen, in den Barrieren identifiziert werden, die auf Verwendung eines Sprachregisters und/oder Begriffen zurückzuführen sind. | <p>L: Irgendwo liegt eine rote Platte.<br/>S: <i>[Dreht sich mit einem Motor in der Hand um. Der Motor hat einen roten Propeller.]</i></p>                         | Szenen, in denen die Kommunikation / Interaktion basierend auf dem Sprachregister / den verwendeten Begriffen behindert wird oder es zu Missverständnissen kommt. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verortung in der Umwelt</li> <li>• Gestaltungsprinzipien</li> </ul> |   |  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• interaktiv</li> </ul>   | Szenen, in denen die interaktiven Elemente eine Barriere darstellen.  | <p>L: Dann kannst du mal auf das „Ja“ klicken.<br/>S: <i>[Tippt auf das Audio neben das Wort „Ja“.]</i></p>  | Szenen, in denen die Lernenden nicht wissen, wie sie die internen Verlinkungen oder Wiederholungsaufgaben bedienen und Hilfe benötigen.                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Segmentierung / mehrere Schritte pro Folie</li> </ul>               | Szenen, in denen mehrere Arbeitsschritte auf einer Folie eine Barriere darstellen.  | L: Bei eins. Fang oben bei eins an.  | Szenen, in denen die Lernenden aufgrund mehrerer Handlungsschritte auf einer Folie die Orientierung verlieren und ggf. Handlungsschritte auslassen.               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Kochbuchanleitung</li> </ul>                                  | Szenen, in denen die nicht vorhandene Kochbuchanleitung eine Barriere darstellt.  | <p>S: <i>[Wischt im Tablet eine Folie weiter.] usw.</i><br/>S: <i>[Öffnet die Inhaltsübersicht des eBooks. Schließt die Inhaltsübersicht des eBooks.] usw.</i></p> | Szenen, in denen die Lernenden nach der Kochbuchanleitung im eBook suchen oder es nicht tun und auf eine Anweisung warten.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwischenfolien</li> </ul>   | Szenen, in denen die Zwischenfolien eine Barriere darstellen.   | S: <i>[Guckt Richtung L.] Durchführung...</i>  | Szene, in denen die Lernenden nicht wissen, was sie bei Zwischenfolien tun sollten (Weiterwischen) und Hilfe benötigen.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Galeriefunktion</li> </ul>  | Szenen, in denen die Galeriefunktion eine Barriere darstellt.   | S: Äh, was muss ich hier jetzt machen?<br><i>[Zeigt auf die Galerie im Tablet.]</i>  | Szenen, in denen die Lernenden nicht wissen, wie sie in einer Galeriefunktion blättern können und welche Elektrode variiert werden soll.                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Material</li> </ul>   | Szenen, in denen das Lernmaterial eine Barriere darstellt.  | S: <i>[Versucht mit Kraft, die Krokodilklemme von der blauen Laborschnur zu</i>  | Szenen, in denen die Lernenden aufgrund des Lernmaterials Hilfe brau-   |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | <i>lösen, öffnet dabei die Krokodilklemme und klemmt sich den Finger.]</i>  | chen, die nicht einer der Unterkategorien zugeordnet werden können und zu selten für eine eigene Unterkategorie aufgetreten sind.                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krokodilklemmen</li> </ul>                | Szenen, in denen die Handhabung der Krokodilklemme eine Barriere darstellt.  | S: <i>[Stößt mit der Spitze der Krokodilklemme aus verschiedenen Richtungen und Winkeln an die Anschlussstelle.]</i>                  | Szenen in denen die Lernenden die Krokodilklemmen nicht öffnen oder mit den Laborschnüren verbinden können.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiterübereinstimmung</li> </ul>        | Szenen, in denen die verwendeten Lernmaterialien optisch nicht mit denen aus der Anleitung übereinstimmen.               | S: <i>Wir haben keine Schale mehr. [Hält eine Dessertschale aus Glas in der Hand.]</i><br>L: <i>Die Schale kannst du auch nehmen.</i> | Szenen, in denen die Lernenden aufgrund der nicht vorhandenen Realiterübereinstimmung Lernmaterialien nicht identifizieren können oder nutzen.               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrmaterialkenntnis</li> </ul>           | Szenen, in denen die verwendeten Lernmaterialien nicht identifiziert werden können.                                      | L: <i>Eine rote-braune Platte.</i><br>S: <i>[Greift nach einer Kohle-Platte.]</i>   | Szenen, in denen die Lernenden die benötigten bzw. verwendeten Lernmaterialien nicht identifizieren können und entweder falsche nehmen oder Hilfe benötigen. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Platten berühren sich</li> </ul>          | Szenen, in denen die Elektroden umkippen und sich berühren, was Auswirkungen auf den Stromfluss hatte.                   | L: <i>[Greift die Messingplatte in der Schale und stellt diese auf, damit sie die andere Platte nicht berührt.]</i>                   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Platten (nicht gekennzeichnet)</li> </ul> | Szenen, in denen die verwendeten ähnlichfarbigen Elektroden nicht identifiziert werden können.                           | S: <i>[Öffnet das Bild der Messingplatte im Vollbildmodus. Greift eine Kupferplatte, die in der Mitte des Tisches liegt.]</i>         | Szenen, in denen die Lernenden z.B. die Elektroden aus Zink und Aluminium nicht unterscheiden können und entweder die falsche nehmen oder Hilfe benötigen.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialtisch</li> </ul>                  | Szenen, in denen Verbrauchsmaterialien nicht in der entsprechenden Lernendenanzahl auf dem Materialtisch vorhanden sind. | L: <i>Salz haben wir nur eine Packung. Müsst ihr euch teilen.</i>   | Szenen, in denen die Lernenden sich um die Verbrauchsmaterialien streiten oder nicht weiterarbeiten, weil sie selbst keine eigenen haben.                    |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Handhabung / Aufbau</li> </ul> | Szenen, in denen der Versuchsaufbau oder die -durchführung eine Barriere dargestellt.                                      | <p>L: Hast was vergessen?<br/>S: Das Wasser.</p>   | Szenen, in denen der Versuchsaufbau oder die -durchführung eine Barriere darstellt, die nicht einer der Unterkategorien zugeordnet werden kann und zu selten für eine eigene Unterkategorie aufgetreten sind.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umpolen</li> </ul>             | Szenen, in denen die Umpolung eine Barriere dargestellt.   | S: <i>[Löst die rote Laborschnur vom Pluspol des Motors und will sie an den Pluspol des Piepsers klemmen.]</i>               | Szenen, in denen die Lernenden die Laborschnüre wieder an den selben Anschluss klemmen, sowohl am Stromumwandler als auch an den Elektroden tauschen, nur eine Laborschnur umklemmen oder an andere Gegenstände befestigen, die nicht im Stromkreis eingebunden sind. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anklemmen</li> </ul>           | Szenen, in denen das Anklemmen der Krokodilklemme eine Barriere dargestellt.   | S: <i>[Legt das eine Ende auf den Tisch, nimmt das andere Ende und versucht, es in den Anschluss des Motors zu stecken.]</i> | Szenen, in denen die Barriere nicht auf körperlichen Voraussetzungen. (Kraft - 6 Motorik) zurückzuführen ist, sondern z.B. auf die Dicke der Elektroden.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• richtig Anschließen</li> </ul> | Szenen, in denen die Laborschnüre an die falsche Elektrode, den falschen Pol oder an falsche Gegenstände befestigt werden. | S: <i>[Klemmt die rote Laborschnur an die Zinkplatte.]</i>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Platten abspülen</li> </ul>    | Szenen, in denen die Elektroden und die Schale nicht angespült werden.   | S: <i>[Überspringt dabei die Arbeitsanweisungen, die Beobachtungen zu notieren sowie die Platten und Schale abzuspülen.]</i> | Szenen, in denen sich die Lernenden die Arbeitsanweisung, die Elektroden und die Schale abzuspülen, erschließen, aber die Handlung nicht ausführen.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reihenschaltung</li> </ul>     | Szenen, in denen mehrere Batterien in Reihe geschaltet werden sollen.  | S: <i>[Klemmt die gelbe Laborschnur an die Kohleplatte, an der schon eine gelbe Laborschnur klemmt.]</i>                     | Szenen, in denen die Lernenden nicht wissen oder verstehen, wie mehrere Batterien in Reihe geschaltet werden.   |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>eBook</li> </ul>                 | Szenen in denen die Bedienung des Tablets Barrieren für die Lernenden dargestellt.                                | S: <i>[Der Bildschirm des iPads wird schwarz. Zeigt mit dem Finger wieder auf das iPad.] Oh, nein! [Hält sich die Hand vor den Mund.]</i>  | Szenen, in denen die Lernenden Hilfe bei der Bedienung des Tablets brauchen, die nicht einer der Unterkategorien zugeordnet werden können und zu selten für eine eigene Unterkategorie auftreten sind. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>geführter Zugriff</li> </ul>     | Szenen, in denen der geführte Zugriff nicht aktiviert ist.  | S: <i>[Drückt neben die blaue Laborschnur auf dem Homebutton. Die App „Bücher“ schließt sich.]</i>   | Szenen, in denen der geführte Zugriff nicht aktiviert ist und die Lernenden (aus Versehen) das eBook schließen und nicht wieder selbstständig öffnen können.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>zu leise</li> </ul>              | Szenen, in denen die Lautstärke der Audiodateien zu leise ist.  | S: <i>[Tippt L an, macht die Gebärde für „wenig“ und die Gebärde für hören.]</i>   | Szenen, in denen die Lautstärke aufgrund des geführten Zugriffs nicht von den Lernenden selber erhöht werden konnte.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Lost</li> </ul>                  | Szenen, in denen die Lernenden die Orientierung innerhalb des eBook verlieren.                                    | L: Ah, warte, du bist schon wieder ganz weit! Stopp, stopp, stopp. <i>[Wischt zwei Folien im Tablet zurück.]</i> Wir gucken erst mal hier.   | Szenen, in denen die Lernenden eine Folie im eBook geöffnet haben, die nicht den nächsten Handlungsschritt erläutert und in denen die Lernenden die benötigte Folie selber nicht finden können.        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>nur aktuelles Kapitel</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden nicht das aktuelle Kapitel / eBook der Stunde identifizieren und auswählen können. | L: Hast du 3.1 gefunden? <i>[Auf dem Tablet ist die Inhaltübersicht des Kapitels zu sehen. Tippt auf den Bildschirm, wischt die Leiste mit der Folienübersicht zum Anfang.]</i> Nee. |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Inhaltsverzeichnis</li> </ul>    | Szenen, in denen die Lernenden das eBook nicht öffnen können, wenn die Inhaltsübersicht zu sehen ist.             | S: <i>[Blickt auf das eigene Tablet und versucht, das Inhaltsverzeichnis nach links aus dem Bild zu wischen.]</i>  |  |

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehfunktion (Tablet)</li> </ul>           | Szenen, in denen die Lernenden den Bildschirm nicht selber entsprechend ihrer Vorlieben drehen können.     | <p>S: <i>[Das Tablet liegt querkant auf dem Arbeitsplatz. Schlägt den Deckel der Tablet-Hülle um. Der Bildschirm leuchtet auf. Das Bild ist um 90° nach links gedreht.]</i></p> <p>L: <i>[Kippt das Tablet nach vorne Richtung S. Der Bildschirm dreht sich um 90° nach links.]</i> Wenn du es so hebst, dann dreht sich das.</p> |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblätter</li> </ul>                  |  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• richtige Zeile finden</li> </ul>           | Szenen, in denen die Lernenden nicht die zur Versuchsbedingung richtige Tabellenzeile oder Aufgabe finden. | L: Da sind wir. <i>[Zeigt auf dem Arbeitsblatt auf die entsprechende Tabellenzeile.]</i>  | Szenen, in denen die Lernenden ihre Beobachtungen in einer falschen Tabellenzeile oder bei einer falschen Aufgabe notieren oder Hilfe der Lehrkraft benötigen, die passende zu finden. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• richtiges Symbol identifizieren</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden die Symbole und Piktogramme nicht sinnentnehmend dekodieren können.         | <p>S: <i>[Führt den Stift am Arbeitsblatt zum Symbol für „langsam“.]</i></p> <p>L: Wo ist der Hase? Wo ist schnell?</p>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ABs ausfüllen</li> </ul>                   | Szenen, in denen die Lernenden ihre Beobachtungen nicht auf dem Arbeitsblatt notieren.                     | S: <i>[Bewegt den Zeigefinger der rechten Hand entlang des Textes der dritten Aufgabe. Die Lippen bewegen sich dabei. Wischt im Tablet eine Folie weiter.]</i>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umgang mit Barrieren</li> </ul>            |  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• raten</li> </ul>                           | Szenen, in denen die Lernenden raten.  | <p>L: Wofür brauchen wir denn ‘ne Batterie? Für welches Gerät?</p> <p>S: Nen Aufladungskabel?</p> <p>L: Kommt da ‘ne Batterie rein?</p> <p>S: Nö.</p>   | Szenen, in denen die Lernenden Antworten, nächste Handlungsschritte, Fehlerquellen etc. raten.   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ausprobieren (vorherige Stunden)</li> </ul>     | Szenen, in denen die Lernenden bekannte Versuchsbedingungen ausprobieren.                                      | S: Vielleicht, wenn wir die Salz rein-tun.   | Szenen, in denen die Lernenden bekannte Versuchsbedingungen ausprobieren, aber keine neuen Ideen generieren.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• mehrfach eBook / Handlungen im eBook</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden mehrfach versuchen, die Lösung im eBook nachzuschlagen.                         | S: <i>[Blättert im iPad hin und her.]</i>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synchron arbeiten / zusammenarbeiten</li> </ul> | Szenen, in denen die Lernenden zusammenarbeiten.   | S1: <i>[Startet die Audiodatei auf dem Deckblatt des eBooks.]</i><br>S2: <i>[Startet die Audiodatei auf dem Deckblatt des eBooks.]</i><br>S1: <i>[Wischt eine Folie weiter und startet die Audiodatei.]</i><br>S2: <i>[Wischt eine Folie weiter und startet die Audiodatei.]</i> | Szenen, in denen die Lernenden am eigenen Versuch arbeiten, aber mit dem nächsten Handlungsschritt warten, bis die andere Person ebenfalls soweit ist.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nichtstun</li> </ul>                            | Szenen, in denen die Lernenden nicht experimentieren.  | S: <i>[Legt den Kopf in den Nacken, streckt den Rücken nach hinten über die Stuhlkante und blickt Richtung Decke.]</i>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• fluchen</li> </ul>                              | Szenen, in denen die Lernenden fluchen oder andere Mitlernende beschimpfen.                                    | S5: Aua! Scheiße! <i>[lauter]</i><br>S3: <i>[Blickt Richtung S5.]</i><br>S5: Halt den Mund, <i>[Name von S3.]</i>  | Szenen, in denen die Lernenden fluchen oder andere Mitlernende beschimpfen, weil bei ihnen selbst etwas nicht wie gewünscht klappt.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Lehrkraft initiiert Hilfe</b></li> </ul>     | Szenen, in denen die Lehrkraft Lernende unterstützt, ohne dass diese sichtbar proaktiv um diese gebeten haben. | L: So, also, fangen wir mal von vorne an. <i>[Nimmt die Lampe in die Hand und zeigt auf den Pluspol.]</i> Rot, plus geht zu welcher Platte? <i>[Zeigt auf die erste Schale.]</i><br>S: <i>[Zeigt auf die Kohleplatte in der ersten Schale.]</i> Schwarz.                         | Szenen, in denen nicht gesagt werden kann, ob die Lernenden z.B. durch nicht erfasste Handlungen, Gestiken oder Mimik der Lehrkraft Hilfe- bzw. Unterstützungsbedarf signalisiert oder die Lehrkräfte eigenmächtig Hilfe initiiert haben. |



|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sonstiges</b></li> </ul> | <p>Szenen, die keiner anderen Kategorie zugeordnet werden können und zu selten für eine eigene aufgetreten sind, die aber Anlass für weitere Forschungsfragen liefern könnten.</p> | <p>S: <i>[Beugt sich über das iPad.]</i> Ach, die machen tauschen.<br/> L: Ja, dann mach das mal. <i>[Zeigt auf den aufgebauten Versuch.]</i><br/> S: <i>[Dreht sich zum Versuch.]</i> Echt? <i>[Dreht sich zu L um.]</i> Was ... echt?<br/> L: Ja, echt tauschen.<br/> S: <i>[Löst die Krokodilklemme mit der blauen Laborschnur vom Minus-Pol des Motors. Dreht sich zu L um.]</i> Echt tauschen?<br/> L: Echt tauschen. Ja.</p> |  |
|--|--|--|--|

## Anhang 15: Texttranskriptionsregeln

|                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. Kopfzeile          | Unterrichtsstunde / Videoname  |
| 2. Kopfzeile          | Screenshot(s) der Sequenz / Startzeit / Code der handelnden Person / Handlung  |
| Gesprochenes          | Times New Roman / schwarz / Schriftgröße 11<br>Es wird wörtlich transkribiert, d.h. mit Füllwörtern umgangssprachlichen Ausdrucksweisen, Wiederholungen, Fehlern, etc.         |
| verbalisierte Namen   | Name durch Code anonymisiert / Times New Roman / schwarz / kursiv / Schriftgröße 11 / in eckigen Klammern  |
| [                     | Beginn einer Beschreibung<br>(z.B. parasprachliche, nicht-verbale oder gesprächsexterne Ereignisse)  |
| ]                     | Ende einer Beschreibung<br>(z.B. parasprachliche, nicht-verbale oder gesprächsexterne Ereignisse)  |
| Beschreibungen        | Times New Roman / grau / kursiv / Schriftgröße 11  |
| “                     | Verweis auf Textstellen im Unterrichtsmaterial (z.B. eBook oder Arbeitsblatt) / Beschreibung einer Gebärde   |
| ...                   | Abbruch eines Satzes   |
| Krokodilkl-           | Abbruch eines Wortes   |
| (...)                 | Pause  |
| sprachliche Intention | Eineindeutige sprachliche Intentionen von Füllwörtern in eckigen Klammern anfügen / Times New Roman / grau / kursiv / Schriftgröße 11<br>→ Beispiel: mhm [ <i>zustimmend</i> ] |
| Personen              | Mesozyklus + S + Code der lernenden Person (z.B. lernende Person mit der Codenummer 12 aus dem ersten Mesozyklus) → 1S12<br>L (Lehrkraft)                                      |
| <b>nein</b>           | betont   |
| <u>nein</u>           | Laut (in Relation zur üblichen Lautstärke des Sprechers/der Sprecherin)  |
| °nee°                 | sehr leise (in Relation zur üblichen Lautstärke des Sprechers/der Sprecherin)  |
| (doch)                | Unsicherheit bei der Transkription, schwer verständliche Äußerungen  |

## Anhang 16: Vergleich der prozentual vergebenen Codes in beiden Mesozyklen

|          | Ebene     | Kategorie                                | 1. Meso-zyklus | 2. Meso-zyklus |
|----------|-----------|--|----------------|----------------|
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Works</b>                             | <b>12,48%</b>  | <b>11,33%</b>  |
| D        | UK        | Zugänge                                  | 65,12%         | 87,78%         |
| D        | TK        | Audiodatei                               | 23,21%         | 51,27%         |
| D        | TK        | Fotoanleitung mit Realiter               | 42,86%         | 18,99%         |
| D        | TK        | Piktogramme                              | 3,57%          | 4,43%          |
| D        | TK        | Text                                     | 7,14%          | 5,70%          |
| D        | TK        | Video                                    | 3,57%          | 3,16%          |
| D        | TK        | Multimedia                               | 23,21%         | 16,46%         |
| D        | UK        | Farben                                   | 23,26%         | 2,78%          |
| D        | UK        | Sprache                                  | 8,14%          | 1,67%          |
| I        | UK        | Arbeitsblätter                           | 3,49%          | 7,78%          |
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Kompetenzen</b>                       | <b>47,46%</b>  | <b>58,65%</b>  |
| D        | UK        | Versuchsergebnis                         | 19,27%         | 26,61%         |
| D        | TK        | verbal                                   | 77,78%         | 56,85%         |
| I        | TK        | Arbeitsblatt                             | 22,22%         | 40,73%         |
| I        | UK        | Mitschüler*innen helfen                  | 2,14%          | 3,22%          |
| D        | UK        | Hilfe anfordern                          | 14,29%         | 12,77%         |
| D        | TK        | Lehrkraft                                | 68,63%         | 74,79%         |
| I        | TK        | Mitschüler*innen                         | 3,92%          | 4,20%          |
| I        | TK        | Mitschüler*innen orientieren             | 27,45%         | 21,01%         |
| D        | UK        | Transfer                                 | 1,53%          | 0,11%          |
| D        | UK        | Tablet-Bedienung                         | 3,70%          | 11,48%         |
| I        | TK        | Inhaltsübersicht                         | 0,00%          | 5,61%          |
| I        | TK        | Bildschirmschoner                        | 8,33%          | 81,31%         |
| D        | TK        | Vollbildmodus                            | 66,67%         | 9,35%          |
| D        | UK        | Hypothesenbildung                        | 2,75%          | 1,18%          |
| D        | UK        | eBook als Hilfsmittel                    | 16,81%         | 6,01%          |
| D        | TK        | Versuchsaufbau                           | 25,42%         | 57,14%         |
| D        | TK        | Versuchsdurchführung                     | 11,85%         | 12,50%         |
| I        | TK        | Kommunikation                            | 55,93%         | 30,36%         |
| D        | UK        | (Handlungs-)Wissen                       | 37,00%         | 38,63%         |
| I        | TK        | Platten abspülen                         | 0,84%          | 1,39%          |
| I        | TK        | Platten berühren                         | 8,40%          | 10,83%         |
| D        | TK        | Materialhandhabung                       | 4,20%          | 1,67%          |
| D        | TK        | Lehrmaterialkenntnis                     | 4,25%          | 3,61%          |
| I        | TK        | Anschlusskontrolle                       | 1,36%          | 6,11%          |
| I        | TK        | Versuchsaufbau auswendig                 | 29,41%         | 42,50%         |
| D        | TK        | Versuchsaufbau –<br>Lehrkraftinteraktion | 42,02%         | 20,00%         |
| I        | TK        | Umrühren                                 | 0,84%          | 6,67%          |
| I        | TK        | Umpolen                                  | 0,84%          | 1,67%          |
| I        | TK        | Propeller drehen                         | 0,00%          | 2,50%          |
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Barrieren</b>                         | <b>31,79%</b>  | <b>20,39%</b>  |
|          | UK        | Verortung im Selbst                      | 13,70%         | 18,83%         |

|          |           |  |              |              |
|----------|-----------|--|--------------|--------------|
| D        | TK        | Unsicherheit                           | 0,00%        | 9,84%        |
| I        | TK        | Versuch muss funktionieren             | 6,67%        | 22,95%       |
| I        | TK        | Relevanz-Bias                          | 33,33%       | 22,95%       |
| D        | TK        | Physisch (Motorik & Kraft)             | 56,67%       | 39,34%       |
| D        | UK        | Verortung in Funktionssystemen         | 0,00%        | 0,00%        |
| D        | UK        | Verortung in Kommunikation/Interaktion | 1,67%        | 1,23%        |
| D        | UK        | Verortung in der Umwelt                | 84,93%       | 79,94%       |
| D        | TK        | Gestaltungsprinzipien                  | 25,81%       | 8,49%        |
| D        | TUK       | interaktiv                             | 8,33%        | 4,55%        |
| I        | TUK       | Segmentierung                          | 25,00%       | 9,09%        |
| D        | TUK       | Keine Kochbuchanleitung                | 25,00%       | 63,64%       |
| I        | TUK       | Zwischenfolien                         | 27,08%       | 4,55%        |
| D        | TUK       | Galeriefunktion                        | 14,58%       | 0,00%        |
| D        | TK        | Material                               | 51,08%       | 65,64%       |
| I        | NK        | Krokodilklemmen                        | 11,58%       | 7,06%        |
| I        | NK        | Realiterübereinstimmung                | 8,42%        | 1,76%        |
| I        | NK        | Lehrmaterialkenntnis                   | 4,21%        | 6,47%        |
| I        | NK        | Platten berühren sich                  | 27,37%       | 13,53%       |
| D        | NK        | Plattenidentifikation                  | 10,53%       | 13,53%       |
| I        | NK        | Materialtisch                          | 5,26%        | 2,35%        |
| D        | NK        | Handhabung / Aufbau                    | 28,42%       | 51,76%       |
| I        | NUK       | Umpolen                                | 0,00%        | 6,82%        |
| D        | NUK       | Anklemmen                              | 0,00%        | 9,09%        |
| I        | NUK       | richtig Anschließen                    | 29,63%       | 43,18%       |
| I        | NUK       | Platten abspülen                       | 25,93%       | 10,23%       |
| I        | NUK       | Reihenschaltung                        | 14,81%       | 6,82%        |
| D        | TK        | eBook                                  | 10,75%       | 16,22%       |
| I        | NK        | geführter Zugriff                      | 0,00%        | 9,52%        |
| I        | NK        | zu leise                               | 0,00%        | 16,67%       |
| D        | NK        | Lost                                   | 15,00%       | 57,14%       |
| I        | NK        | mehrere Kapitel                        | 35,00%       | 0,00%        |
| I        | NK        | Inhaltsverzeichnis                     | 30,00%       | 9,52%        |
| I        | NK        | Drehfunktion                           | 20,00%       | 0,00%        |
| I        | TK        | Arbeitsblätter                         | 12,37%       | 9,65%        |
| I        | NK        | richtige Zeile finden                  | 39,13%       | 64,00%       |
| I        | NK        | richtiges Symbol identifizieren        | 52,17%       | 8,00%        |
| I        | NK        | AB ausfüllen                           | 13,04%       | 28,00%       |
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Umgang mit Barrieren</b>            | <b>3,63%</b> | <b>1,51%</b> |
| I        | UK        | Raten                                  | 16,00%       | 0,00%        |
| I        | UK        | Ausprobieren (vorherige Stunden)       | 44,00%       | 16,67%       |
| I        | UK        | mehrfach eBook /Handlungen im eBook    | 4,00%        | 12,50%       |
| I        | UK        | Synchron arbeiten / zusammenarbeiten   | 0,00%        | 66,67%       |
| D        | UK        | Nichtstun                              | 20,00%       | 0,00%        |
| I        | UK        | Fluchen                                | 16,00%       | 4,17%        |
| <b>I</b> | <b>HK</b> | <b>Lehrkraft initiiert Hilfe</b>       | <b>1,60%</b> | <b>4,72%</b> |
| <b>D</b> | <b>HK</b> | <b>Sonstiges</b>                       | <b>3,05%</b> | <b>3,40%</b> |
|          |           | <b>Gesamt</b>                          | <b>100%</b>  | <b>100%</b>  |

## Erklärung zur Dissertation

gemäß der Promotionsordnung vom 12. März 2020

„Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne die Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel und Literatur angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere an Eides statt, dass diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat; dass sie – abgesehen von unten angegebenen Teilpublikationen und eingebundenen Artikeln und Manuskripten – noch nicht veröffentlicht worden ist sowie, dass ich eine Veröffentlichung der Dissertation vor Abschluss der Promotion nicht ohne Genehmigung des Promotionsausschusses vornehmen werde. Die Bestimmungen dieser Ordnung sind mir bekannt. Darüber hinaus erkläre ich hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten der Universität zu Köln gelesen und sie bei der Durchführung der Dissertation zugrundeliegenden Arbeiten und der schriftlich verfassten Dissertation beachtet habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen. Ich versichere, dass die eingereichte elektronische Fassung der eingereichten Druckfassung vollständig entspricht.“

### Teilpublikationen:

- Stinken-Rösner, L. Weidenhiller, P., Nerdel, C. Weck, H., Kastaun, M. & Meier, M. (2022). Inklusives Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht digital unterstützen. In: D. Ferencik-Lehmkuhl; In Huynh; C. Laubmeister; C. Lee, C. Melzer; I. Schwank; H. Weck & K. Ziemer (Hrsg.). *Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung* (S. 152–167). Bad Heilbrunn: Klinghardt, Julius.
- Verfügbar unter: <https://elibrary.utb.de/doi/epdf/10.35468/9783781559905>
- Weck, H. (2022). Widgets in iBooks Author. *digital unterrichten Biologie*, 6, 2.
- Küpper, A. & Weck, H. (2021). Experimentelle Unterrichtsphasen im inklusiven Physikunterricht mit digitalen Medien gestalten. In: Hundertmark, S., Sun, X., Abels, S., Nehring, A., Schildknecht, R., Seremet, V. & Lindmeier, C. (Hrsg.). *Sonderpädagogische Förderung heute. 4. Beiheft. Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion*. (S. 10–25). Weinheim: Beltz Juventa.
- Milner-Bolotin, M., Milner, V., Tasnádi, A. M., Weck, H., Groma, I. & Ispánovity, P. D. (2021). Contemporary Experiments an New Devices in Physics Classrooms. *Journal of Physics. Conference Series*. Volume 1929. 012067.
- Verfügbar unter: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1929/1/012067>

Köln, 10.08.2023