

Schaal, Steffen [Hrsg.]; Lude, Armin [Hrsg.]; Krell, Moritz [Hrsg.]; Kremer, Kerstin [Hrsg.]
**"Herausforderung Zukunft". Internationale Jahrestagung der Fachsektion
Didaktik der Biologie im VBIO**

Innsbruck ; Wien : StudienVerlag 2024, 230 S. - (Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik; 11)



Quellenangabe/ Reference:

Schaal, Steffen [Hrsg.]; Lude, Armin [Hrsg.]; Krell, Moritz [Hrsg.]; Kremer, Kerstin [Hrsg.]:
"Herausforderung Zukunft". Internationale Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO.
Innsbruck ; Wien : StudienVerlag 2024, 230 S. - (Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik; 11) -
URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-327390 - DOI: 10.25656/01:32739

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-327390>

<https://doi.org/10.25656/01:32739>

in Kooperation mit / in cooperation with:

Fachsektion Didaktik der Biologie <https://www.vbio.de/fddb-fachdidaktik>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen, solange Sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen und das Werk bzw. den Inhalt nicht für kommerzielle Zwecke verwenden.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and render this document accessible, make adaptations of this work or its contents accessible to the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work, provided that the work or its contents are not used for commercial purposes.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft



Steffen Schaal, Armin Lude,
Moritz Krell, Kerstin Kremer (Hrsg.)

Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik

Band 11

StudienVerlag

Steffen Schaal, Armin Lude, Moritz Krell,
Kerstin Kremer (Hrsg.)

Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik
Band 11

Steffen Schaal, Armin Lude, Moritz Krell,
Kerstin Kremer (Hrsg.)

Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik

Band 11

„Herausforderung Zukunft“
Internationale Jahrestagung
der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO

StudienVerlag

Innsbruck
Wien

© 2024 by Studienverlag Ges.m.b.H., Erlenstraße 10, A-6020 Innsbruck
E-Mail: order@studienverlag.at
Internet: www.studienverlag.at

Buchgestaltung nach Entwürfen von himmel. Studio für Design und Kommunikation, Innsbruck / Scheffau – www.himmel.co.at
Satz und Umschlag: Maria Strobl – gestro.at
Coverfotos: Kay Vollert, ARGUS/Das Foto, Sylke Hlawatsch, Klaus-Jürgen Hovener/Schering AG
Falls bei der Abbildung nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte bei den Autor*innen.

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlor- und säurefrei gebleichtem Papier.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-7065-6440-3

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Der Verlag behält sich das Text- und Data-Mining nach § 42h UrhG vor, was hiermit Dritten ohne Zustimmung des Verlages untersagt ist.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
<i>Leroy Großmann, Maren Koberstein-Schwarz, Daniel Scholl, Anke Meisert & Dirk Krüger</i> Forschungsfelder kartieren, Forschungslücken entdecken: bibliometrische Analysen am Beispiel der naturwissenschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsforschung	11
<i>Alexander Büssing, Julia Arnold, Alexander Bergmann-Gering, Till Bruckermann, Arne Dittmer, Daniela Mahler, Annette Upmeyer zu Belzen & Bianca Reinisch</i> Der Family Resemblance Approach als Rahmen für Reflexionen über das Wesen der Biologiedidaktik – eine Round Table Dokumentation	27
<i>Silvia Fränkel, Benedikt Heuckmann, Laura Ferreira González, Moritz Sterken, Sarah Wilken & Melanie Basten</i> Inklusionsorientierte Anteile in der ersten Phase der biologiedidaktischen Lehrkräftebildung gestalten und verankern. Ergebnisse einer Round Table-Diskussion	41
<i>Sara Großbruchhaus, Patricia Schöppner & Claudia Nerdel</i> Implementation einer biotechnologischen Lehrkräftefortbildung in den Unterricht – welche Einflussfaktoren unterstützen Lehrkräfte bei der Entscheidung?	55
<i>Albert Zeyer</i> Synoptischer Wissenstransfer (Two-Eyed Seeing) – Ein Ansatz, um medizinische Themen in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren	73
<i>Elvira Schmidt, Julia Arnold, Heide Beranek-Knauer, Simon Blauza, Lucas Eder, Benedikt Heuckmann, Helmut Jungwirth, Hildrun Walter, Albert Zeyer & Kerstin Kremer</i> Wissenschaftsreflexion medizinischer Themen im Kontext von Gesundheitsbildung	89

<i>Maximilian Haberbosch, Lisa Jiang, Daniel Hartmuth, Marius Eckert, Sarah Dannemann, Birgit Jana Neuhaus, Dörte Ostersehl, Sonja Schaal & Steffen Schaal</i>	
Ein systematischer Vergleich der Reflexionsverständnisse in der Biologie-Lehrkräftebildung	107
<i>Marcus Hammann & Sebastian Brandt</i>	
Tracing Trait Formation: Wie erklären Lernende der Sekundarstufe II den Weg vom Gen zum Merkmal?	123
<i>Dorian Thomsen & Alexander Büssing</i>	
Erarbeitung eines Kategoriensystems zum Einsatz immersiver Modelle in der Humanbiologie: eine Studie zu Lernendenvorstellungen und Einbindungsgraden	143
<i>Jutta Lumer & Christiane Konnemann</i>	
Besseres biologisches Verständnis durch Anwendung von Multimedia-Prinzipien auf eine Text-Bild-Kombination zur synaptischen Übertragung	161
<i>Mirlinda Mustafa, Nadine Großmann & Jörg Großschedl</i>	
Rückmeldesysteme in interaktiven Lernvideos für angehende Biologielehrkräfte: Einfluss auf die Forschungskompetenz, das forschungsmethodische Wissen und die intrinsische Motivation	181
<i>Birgit Baumann & Jorge Groß</i>	
Entwicklung einer Bestimmungs-App für Schmetterlinge durch Lernende im DPaCK-Modell	197
<i>Rebecca Klein, Murielle Meier & Nadine Tramowsky</i>	
Entwicklung eines Kriterienkataloges zur Gestaltung multimedialer Arbeitshefte (MuxBooks) für die Grundschule: eine Design-Based Research-Studie	213

Vorwort

Herausforderung Zukunft – die Biologiedidaktik wird im 21. Jahrhundert mehr denn je als Zukunftsdisziplin an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Gesellschaft betrachtet. Zum einen tragen biologische Konzepte zum Verständnis der Herausforderungen unserer Zeit bei. Hier sind beispielsweise Themenfelder wie Klima und Biodiversität, Gesundheit, Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft oder auch Ernährungssicherung zu nennen. Zum anderen spielt die Kompetenzförderung mit Bezug auf die sogenannten 21st Century Skills oder Futures Literacy eine herausragende Rolle für den (Biologie-)Unterricht. Heranwachsende sowie die Öffentlichkeit werden in der Gestaltung einer sich wandelnden Welt darin unterstützt, die Rolle der (Bio-)Wissenschaften in gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen zu verstehen und kritisch zu hinterfragen. In diesem Zusammenhang geht es auch darum, interdisziplinäre Lösungen für komplexe Problemstellungen zu verstehen und deren gesellschaftliche Kommunikation zu bewerten. Insbesondere die Coronavirus-Pandemie – von der WHO auch als „Infodemie“ bezeichnet – hat hierbei die Bedeutung eines Verständnisses von naturwissenschaftlicher Forschung und deren Kommunikation, der Digitalisierung und Digitalität, Datenkompetenz und Media-Literacy für das fachliche Lernen in den Fokus gerückt und wirft neue Fragen der Integration von digital unterstützten Lehr- und Lernprozessen in den Biologieunterricht und in die Biologie-Lehrkräftebildung auf.

Darüber hinaus tragen Inklusion und Sprachsensibilität im Biologieunterricht dazu bei, dass Menschen, die von Flucht und Migration betroffen sind, in unserer Gesellschaft beruflich und sozial teilhaben können. Weit über den Biologieunterricht hinaus beschäftigen sich Biologiedidaktiker:innen heute vermehrt mit Fragen der Wissenschaftskommunikation und des Transfers zwischen Wissenschaft, Fachdidaktik und Gesellschaft. Damit erreicht die Biologiedidaktik gänzlich neue Zielgruppen, erweitert ihr Blickfeld deutlich und hat sich dem Dialog zwischen Stakeholder-Gruppen gestellt.

In diesem nunmehr elften Band der Reihe „Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik“ der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im Verband der Biologie, Biowissenschaften & Biomedizin (VBIO) werden die Früchte einer intensiven Auseinandersetzung mit diesen aktuellen Fragen und Herausforderungen der Biologiedidaktik vorgestellt. Jeder Beitrag in diesem Band wurde sorgfältig ausgewählt und einem Double-Blind-Peer-Review-Verfahren unterzogen.

Die hier versammelten Beiträge spannen einen weiten Bogen über das vielfältige Feld der Biologiedidaktik mit Bezug zum Tagungsthema. Sie reichen von der Entwicklung und Evaluation digitaler Lernumgebungen, die das Potenzial haben, den Biologieunterricht grundlegend zu transformieren, über die Erforschung und Implementierung innovativer didaktischer Ansätze, die das biologische Verständnis und die Motivation der Schüler:innen fördern sollen, bis hin zur kritischen Reflexion über die erkenntnistheoretischen Grundlagen der Biologiedidaktik und ihre Rolle in der Ausbildung zukünftiger Lehrkräfte.

Die Autor:innen dieses Bandes, darunter sowohl erfahrene Forschende als auch engagierte Nachwuchswissenschaftler:innen, haben ihre Expertise und Leidenschaft in diese Beiträge einfließen lassen. Sie laden uns ein, ihre Erkenntnisse zu teilen, ihre Ideen zu diskutieren und gemeinsam Wege zu beschreiten, um den Biologieunterricht für die Herausforderung Zukunft vorzubereiten.

Dieser Tagungsband bietet eine wertvolle Quelle der Inspiration und Information für alle jene, die sich für die Weiterentwicklung der Biologiedidaktik einsetzen – sei es in der Forschung, in der Lehrkräftebildung oder in der schulischen Praxis. Wir wünschen Ihnen eine anregende und gewinnbringende Lektüre!

Die Herausgebenden

Steffen Schaal (Pädagogische Hochschule Ludwigsburg), Armin Lude (Pädagogische Hochschule Ludwigsburg), Moritz Krell (Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel) & Kerstin Kremer (Justus-Liebig-Universität Gießen)

Wir bedanken uns herzlich für die Unterstützung durch die Gutachtenden des elften Bandes „Lehr- und Lernforschung der Biologiedidaktik“. Ohne diese gemeinschaftliche Arbeit wäre dieser Band nicht möglich gewesen!

- Julia Arnold, Fachhochschule Nordwestschweiz
- Till Bruckermann, Leibniz Universität Hannover
- Alexander Büssing, Technische Universität Braunschweig
- Sarah Dannemann, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- Arne Dittmer, Universität Regensburg
- Silvia Fränkel, Universität zu Köln
- Jorge Groß, Leibniz Universität Hannover
- Leroy Großmann, Freie Universität Berlin
- Jörg Großschedl, Universität zu Köln
- Marcus Hammann, Universität Münster
- Benedikt Heuckmann, Universität Münster

- Christiane Konnemann, Universität Münster
- Dirk Krüger, Freie Universität Berlin
- Daniela Mahler, Freie Universität Berlin
- Anke Meisert, Universität Hildesheim
- Claudia Nerdel, Technische Universität München
- Birgit Neuhaus, Ludwig-Maximilians-Universität München
- Dörte Ostersehl, Universität Bremen
- Bianca Reinisch, Universität Potsdam
- Sonja Schaal, Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
- Kirsten Schlüter, Universität zu Köln
- Nadine Tramowsky, Pädagogische Hochschule Freiburg
- Annette Upmeier zu Belzen, Humboldt-Universität zu Berlin
- Jörg Zabel, Universität Leipzig
- Albert Zeyer, Pädagogische Hochschule Luzern

Leroy Großmann, Maren Koberstein-Schwarz, Daniel Scholl,
Anke Meisert & Dirk Krüger

Forschungsfelder kartieren, Forschungslücken entdecken: bibliometrische Analysen am Beispiel der naturwissenschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsforschung

Zusammenfassung

Um den aktuellen Stand eines Forschungsfelds zu charakterisieren, bieten sich neben inhaltlich ausgerichteten Literaturreviews bibliometrische Analysen an. Das Potenzial solcher quantitativen, softwaregestützten Analysen von Zitationen, Ko-Zitationen und bibliografischer Kopplung wird in diesem Beitrag am Beispiel der empirischen naturwissenschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsforschung illustriert. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die vorliegenden Studien weder auf eine gemeinsame theoretische Grundlage noch dieselben empirischen Befunde Bezug nehmen und sich demnach noch kein kohärentes Forschungsfeld konstituiert hat.

Abstract

In addition to literature reviews, bibliometric analyses offer a fruitful possibility of characterizing the current state of a particular field of research. In this paper, we will illustrate the potential of the citations, co-citations, and bibliographic coupling analyses on the example of empirical research on lesson planning in science education. The findings indicate that researchers in the field barely relate to a common set of theoretical or empirical publications. Thus, research on lesson planning has not yet formed an coherent field of research.

1 Einleitung

Derzeit entwickelt sich das Feld der Unterrichtsplanungsforschung als Teil der empirischen Bildungsforschung. Zentrales Ziel dieser Forschung zu einer der Kernaufgaben von Lehrkräften ist die empirisch gestützte Modellierung von Unterrichtsplanungskompetenz (König & Rothland, 2022). Wie sich am Beispiel der biologiedidaktischen Forschung zeigt, zeichnen die entsprechenden Forschungserträge allerdings ein ambivalentes Bild. Einerseits existieren zwar einzelne qualitative Ansätze, um Unterrichtsplanungsprozesse (z. B. Koberstein-Schwarz & Meisert, 2022) oder -produkte (z. B. Großmann & Krüger, 2022) empirisch zu untersuchen und Rückschlüsse auf das darin angewandte fachdidaktische Wissen (*pedagogical content knowledge*, PCK; Shulman, 1987) zu ziehen. Andererseits schlagen sich die jeweiligen empirischen Befunde weder in aktuellen Einführungen in die Biologiedidaktik (z. B. Gropengießer & Harms, 2023) nieder noch lässt sich derzeit eine Implementierung der Forschungsergebnisse in die Lehrkräfteprofessionalisierung an deutschsprachigen Biologiedidaktik-Standorten erkennen (vgl. König & Rothland, 2022).

Ein möglicher Grund für die zurückhaltende Berücksichtigung der vorliegenden Forschungserträge könnte darin liegen, dass sich – anders als bei fachdidaktischen Konstrukten wie dem PCK, der Modellier- oder Bewertungskompetenz – noch kein homogenes Forschungsfeld mit kanonischer Literatur oder einem konsensuellen Kompetenzmodell konstituiert hat. Dies zeigen die Befunde eines aktuellen Scoping Reviews zur Unterrichtsplanungskompetenz in den Naturwissenschaftsdidaktiken (Großmann et al., 2024).

Eine Möglichkeit, diesen Grund systematisch zu untersuchen und genauer zu belegen, inwiefern eine Forschungslandschaft bereits auf gemeinsame theoretische Grundlagen, empirische Befunde und methodische Ansätze zurückgreift, stellen bibliometrische Analysen dar: In Ergänzung zu oder als Teil von Literaturreviews, die letztlich v. a. auf inhaltlich-qualitative Synthesen des Forschungsstands abzielen, eröffnet die Bibliometrie die Möglichkeit, Forschungspublikationen bezüglich ihrer Referenzpraxis quantitativ zu untersuchen. Dies ermöglicht die Kartierung eines Forschungsfelds, um mögliche Forschungslücken im Hinblick auf theoretische Modellierungen oder empirische Befunde zu entdecken. Am Beispiel der naturwissenschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsforschung wird das Potenzial derartiger Analysen in diesem Beitrag illustriert.

2 Theoretischer Hintergrund

Die Unterrichtsplanung als Forschungsfeld entwickelte sich bereits in den 1970er Jahren, beginnend mit deskriptiven Studien über die Performanz von Lehrkräften bei der Unterrichtsplanung über einen Fokus auf mentale Entscheidungsprozesse zu Beginn der 1980er bis zu aktuellen Bemühungen der Kompetenzmodellierung und analoger Entwicklung von Messinstrumenten (z. B. König & Rothland, 2022). Dennoch ist zu beobachten, dass mit der Einführung des PCK (Shulman, 1986) die Unterrichtsplanungsforschung zunehmend in den Hintergrund rückte und seitdem im Schatten der Durchführung steht. Sie wird allenfalls als Datenquelle zur Beschreibung oder Messung von Professionswissen genutzt und selten als eigens zu definierende Kompetenz verstanden. Dadurch ergibt sich ein inkohärentes und bislang wenig erschlossenes Forschungsfeld, während der Unterrichtsplanung als Prädiktor für Unterrichtsqualität (Darling-Hammond et al., 2013) gleichzeitig große Relevanz in der Lehrkräftebildung beigemessen wird. Die Kartierung des Forschungsfeldes zur Unterrichtsplanung bietet Potenzial, bereits bestehende Forschung in einem heuristischen Modell der Unterrichtsplanungskompetenz zusammenzuführen, um Forschungslücken aufzudecken und zukünftige Forschungsvorhaben vor einem gemeinsamen theoretischen Modell zu systematisieren.

Um ein Forschungsfeld zu kartieren, bietet es sich über etablierte deskriptive Beschreibungen (z. B. Publikationsjahre, Keywords, Publikationsorgane) hinaus an, Zusammenhänge zwischen den zu untersuchenden Publikationen bibliometrisch zu analysieren. Diese Zusammenhänge können von dreierlei Art sein (Boyack & Klavans, 2010; Zupic & Čater, 2015; Abb. 1).

2.1 Zitation

Die Zitation stellt den basalen Zusammenhang zwischen zwei Publikationen dar: Eine Publikation kann von anderen, später erscheinenden Publikationen zitiert werden (Abb. 1a). Je häufiger eine Publikation zitiert wird, desto größer kann ihr Einfluss im jeweiligen Forschungsfeld angesehen werden (Garfield, 1964). Die Anzahl der Zitationen ist ein schnell zu erfassender Indikator, der allerdings einer Verzerrung unterliegt: Ältere Publikationen werden tendenziell häufiger zitiert als neuere (Zupic & Čater, 2015), auch wenn neuere Arbeiten aufgrund ihrer empirischen Befunde oder methodischen Vorgehensweise potenziell einflussreicher sind.

2.2 Ko-Zitation

Die Analyse von Ko-Zitationen deckt Verbindungen zwischen Publikationen auf, die auf den ersten Blick nicht sichtbar sind: Zwei Artikel werden ko-zitiert, wenn sie gemeinsam in einer dritten, später erscheinenden Publikation zitiert werden (Small, 1973; Abb. 1b). Ausgehend von der plausiblen, wenngleich nicht immer zutreffenden, Annahme, dass gemeinsam zitierte Publikationen einander ähnlich sind, kann die Ko-Zitation als dynamischer Indikator für die im jeweiligen Forschungsfeld genutzte *Wissensbasis* gelten (Galvagno, 2017). Denn jede neu erscheinende und Literatur zitierende Publikation wird zu neuen Ko-Zitationen führen, sodass sich Veränderungen der gemeinsamen Wissensbasis abbilden lassen (Zupic & Čater, 2015).

2.3 Bibliografische Kopplung

Die bibliografische Kopplung stellt den umgekehrten Fall der Ko-Zitation dar: Zwei Artikel sind bibliografisch gekoppelt, wenn beide eine dritte, vorher erschienene Publikation zitieren (Kessler, 1963; Abb. 1c). Ausgehend von der Annahme, dass Publikationen mit identischen Zitationen ähnliche empirische Fragestellungen untersuchen oder ähnliche methodische Vorgehensweisen wählen, kann die bibliografische Kopplung als Indikator für eine (sich noch formierende) *Forschungsoffensive* gelten (Galvagno, 2017). Anders als die Ko-Zitation ist dieser Indikator allerdings statisch, denn zwei bereits erschienene Publikationen mit ihren jeweils

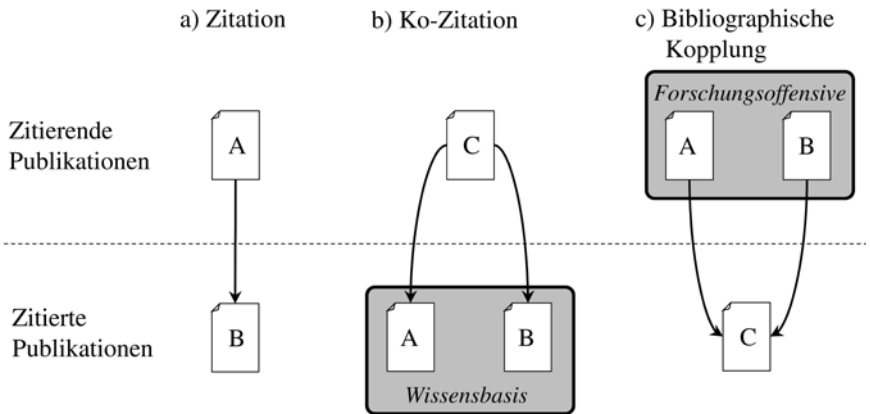


Abbildung 1: Mögliche Zusammenhänge zwischen wissenschaftlichen Publikationen (verändert nach Galvagno, 2017)

zitierten Quellen sind in einem unveränderlichen Maße bibliografisch gekoppelt (Zupic & Čater, 2015).

Werden diese drei möglichen Zusammenhänge für eine bibliometrische Analyse der naturwissenschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsforschung genutzt, lassen sich drei relevante Fragen unterscheiden:

- F1. Wie einflussreich sind die Publikationen zur Unterrichtsplanungsforschung (Zitation)?
- F2. Inwiefern stützen sich die Publikationen zur Unterrichtsplanungsforschung auf eine gemeinsame *Wissensbasis* (Ko-Zitation)?
- F3. Welche Publikationen zur Unterrichtsplanungsforschung lassen sich als Teil einer *Forschungsoffensive* auffassen (bibliografische Kopplung)?

3 Methodik

Da die Analysen von Zitationen, Ko-Zitationen und bibliografischer Kopplung mittels rein deskriptiver Erfassung nicht oder nur umständlich manuell zu leisten wären, können bibliografische Daten per Software effektiv importiert sowie die Vernetzungen zwischen den Publikationen in Form von Netzwerkgrafiken berechnet und visualisiert werden. Etabliert haben sich hierfür beispielsweise Gephi (Bastian et al., 2009) und VOSviewer (van Eck & Waltman, 2010). Für die im Folgenden dargestellten Analysen wurde VOSviewer (Version 1.6.20) genutzt. Im Rahmen eines Scoping Reviews (Großmann et al., 2024) wurden mithilfe der PRISMA-Guidelines (Tricco et al., 2018) in einem iterativen Verfahren $N = 66$ empirische naturwissenschaftsdidaktische Publikationen in internationalen Zeitschriften mit Peer-Review-Verfahren im Zeitraum 1987–2022 identifiziert, in denen Unterrichtsplanungskompetenz als abhängige Variable untersucht wird. Diese 66 Publikationen bildeten den Datensatz, mit dem die bibliometrischen Analysen in VOSviewer durchgeführt wurden.

Die Publikationen wurden mithilfe ihrer DOI als txt-Datei mittels Semantic Scholar API in VOSviewer importiert. Da vier Artikel der Stichprobe über keine DOI verfügen, stützten sich die Analysen auf $n = 62$ Publikationen. Nach dem Import erfolgte die Analyse von Zitationen (F1), Ko-Zitationen (F2) und bibliografischer Kopplungen (F3). Die zugrundeliegenden Algorithmen, beispielsweise zur Clusteranalyse, sind im Programm selbst zwar nicht einsehbar, aber in der Literatur zu VOSviewer ausführlich beschrieben (van Eck & Waltman, 2014, 2017; Waltman et al., 2010).

Die Ergebnisse der Analysen werden in Form von Netzwerkgrafiken präsentiert (Abb. 2, 3 und 4), die im Wesentlichen zwei wichtige Bestandteile enthalten:

- (1) *Knoten* symbolisieren jeweils eine Publikation und sind mit einer abgekürzten bibliografischen Angabe beschriftet. Im Fall der Darstellung von Zitationen (Analyseeinheit *documents*) zeigt ein Kreis mit größerem Durchmesser an, dass die jeweilige Publikation häufiger mit anderen Publikationen der Stichprobe über Zitationen (zitiert oder wird zitiert) verbunden ist als eine Publikation bei einem Kreis mit kleinerem Durchmesser (Abb. 2). Im Fall der Ko-Zitation (Analyseeinheit *references*) zeigt ein Kreis mit größerem Durchmesser an, dass die entsprechende Publikation häufiger mit anderen Publikationen ko-zitiert wurde als die, für die ein Kreis mit kleinerem Durchmesser steht (Abb. 3). Im Fall der bibliografischen Kopplung (Analyseeinheit *references*) zeigt ein Kreis mit größerem Durchmesser an, dass die jeweilige Publikation mit einer größeren Anzahl anderer Publikationen in der Stichprobe gemeinsam andere Quellen zitiert als die Publikation bei einem Kreis mit kleinerem Durchmesser (Abb. 4). In allen drei Fällen haben die Kreise vom VOSviewer eine bestimmte Farbe, um ihre Zuordnung zum jeweils errechneten Cluster anzuzeigen, die aber wegen der Darstellung in Graustufen in diesem Beitrag nicht erkennbar ist. Die Cluster werden stattdessen exemplarisch durch Trennlinien visualisiert (Abb. 4).
- (2) Die Knoten sind durch sogenannte *Kanten* miteinander verbunden, die als Linien zwischen den Kreisen dargestellt werden. Im Fall der bibliografischen Kopplung variieren diese Linien in ihrer Stärke: Je mehr Publikationen die beiden Knoten gemeinsam zitieren, die die Kante verbindet, und je stärker also die bibliografische Kopplung zwischen diesen beiden Publikationen ist, desto dicker ist die Linie gezeichnet.

4 Ergebnisse

4.1 Zitation (F1)

Die Analyse der Zitationen zeigt, welche der $n = 62$ Publikationen wie stark mit anderen Publikationen der Stichprobe über Zitationen verbunden ist (Abb. 2). Nur 19 der $n = 62$ Publikationen in dieser Stichprobe zitieren einander. Die stärkste Verbindung zeigt sich dabei unter den Publikationen, die sich mit *curriculum materials* (d. h. Unterrichtsvorschlägen inkl. Aufgaben, Materialien usw.) befasst haben und an denen dieselben Autorinnen mitgewirkt haben (Carrie Beyer, Elizabeth Davis, Cory T. Forbes).

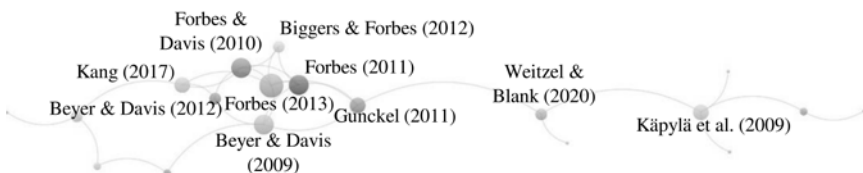


Abbildung 2: Zitation

Anmerkung: Analyseart: citations; Analyseeinheit: documents. Diese Netzwerkgrafik ist ungerichtet, d. h. es ist nicht unmittelbar ersichtlich, welche der beiden zusammenhängenden Publikationen die jeweils andere zitiert. Manuell wurden die zehn Publikationen beschriftet, die innerhalb der $n = 62$ Publikationen unserer Stichprobe am häufigsten zitiert wurden bzw. andere Publikationen zitieren: Platz 1 – Forbes (2013) mit sechs Verbindungen zu anderen Publikationen, Platz 10 – u.a. Weitzel und Blank (2020) mit drei Verbindungen zu anderen Publikationen.

4.2 Ko-Zitation (F2)

Die Analyse der Ko-Zitationen zeigt, dass eine Vielzahl von Publikationen gemeinsam zitiert wird, dass die häufigsten Ko-Zitationen jedoch der Professionsforschung im Allgemeinen (z. B. Shulman, 1986) und nicht der Unterrichtsplanungsforschung im Besonderen zuzuordnen sind.

Abgesehen davon, dass die am häufigsten ko-zitierten Publikationen bezogen auf den Analysezeitraum vergleichsweise früh erschienen sind, treten mit unmittelbarem Bezug zur Unterrichtsplanung erneut die Publikationen zum Umgang mit *curriculum materials* (Davis, 2005; Davis, 2006) hervor.

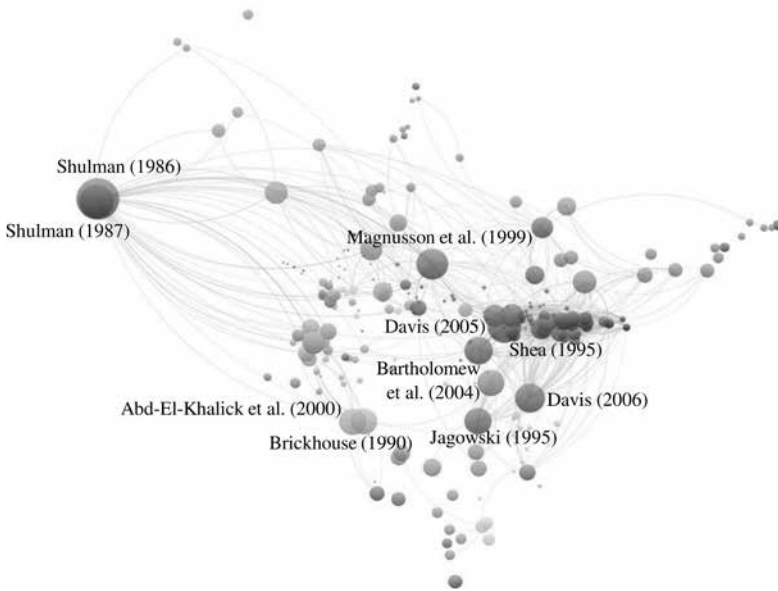


Abbildung 3: Ko-Zitation

Anmerkung: Analyseart: co-citations; Analyseeinheit: references; Zählmethode: full counting; Mindestanzahl an Zitationen: 1; Aus Gründen der Darstellbarkeit werden nicht alle 2370 zitierten Publikationen gezeigt, sondern nur 1000. Es wird nur der zentrale Ausschnitt der Netzwerkgrafik gezeigt, da viele Publikationen so weit vom Zentrum entfernt liegen, dass eine Gesamtdarstellung unübersichtlich gewesen wäre. Manuell wurden die zehn Publikationen beschriftet, die von den $n = 62$ Publikationen unserer Stichprobe am häufigsten ko-zitiert wurden: Platz 1 – Shulman (1987) mit derzeit 606 Ko-Zitationen, Platz 10 – Brickhouse (1990) mit derzeit 379 Ko-Zitationen.

4.3 Bibliografische Kopplung (F3)

Die Analyse der bibliografischen Kopplung ergab insgesamt sieben Cluster, von denen zwei mit Abstand die meisten Publikationen umfassen (Abb. 4).

Cluster 1 enthält Publikationen, die sich der PCK-Forschung zuordnen lassen. Derartige Publikationen haben beispielsweise PCK-Facetten in schriftlichen Unterrichtsentwürfen (z. B. Demirdögen & Uzuntiryaki-Kondakçı, 2016) oder in Interviews zu Planungsprozessen (z. B. Käpylä et al., 2009) identifiziert. Cluster 2 enthält hingegen Publikationen, die deutlicher auf Unterrichtsplanung als Untersuchungsgegenstand Bezug nehmen, weil sie untersuchen, wie angehende Lehrkräfte sogenannte *curriculum materials* analysieren und überarbeiten (z. B. Beyer & Davis,

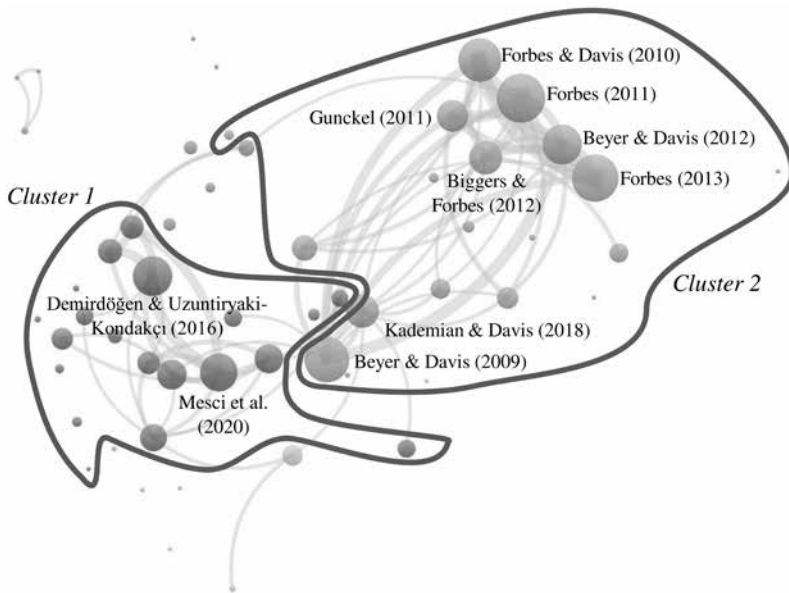


Abbildung 4: Bibliografische Kopplung

Anmerkung: Analyseart: bibliographic coupling; Analyseeinheit: references; Zählmethode: full counting; Zur besseren Übersicht werden nur Kanten der Stärke 5 und größer dargestellt. Die Clusteranalyse in VOSviewer ergab sieben Cluster, von denen die beiden größten hervorgehoben sind. Manuell wurden die zehn Publikationen beschriftet, die innerhalb der $n = 62$ Publikationen unserer Stichprobe am stärksten mit anderen Publikationen bibliographisch gekoppelt sind: Platz 1 – Forbes (2011) mit 173 Verbindungen zu anderen Publikationen, Platz 10 – Gunckel (2011) mit 113 Verbindungen zu anderen Publikationen.

2009; Forbes, 2011). Auffällig ist, dass sich die stärkste bibliografische Kopplung jeweils innerhalb der beiden Cluster zeigt und kaum zwischen den Clustern 1 und 2. Zudem sind zahlreiche Publikationen wenig oder überhaupt nicht mit anderen Publikationen in dieser Stichprobe bibliografisch gekoppelt.

5 Diskussion

Die Ergebnisse der bibliometrischen Analysen (Boyack & Klavans, 2010; Galvagno, 2017; Zupic & Čater, 2015) lassen darauf schließen, dass sich die empirische naturwissenschaftsdidaktische Unterrichtsplanungsforschung bislang noch nicht

als kohärentes Forschungsfeld konstituiert hat. So zeigt die geringe Anzahl von Zitationen zwischen den älteren und jüngeren Studien der Stichprobe (F1, Abb. 2), dass keine kontinuierlich-kohärente Entwicklung des Forschungsfelds stattgefunden hat und dieses Feld heterogen ist (vgl. König & Rothland, 2022).

Hinsichtlich der gemeinsamen Wissensbasis (F2, Abb. 3) legt die Analyse der Ko-Zitationen (vgl. Small, 1973) offen, dass in den einbezogenen Publikationen zwar tatsächlich auf eine gemeinsame Wissensbasis rekurriert wird, was sich an der Vielzahl nah positionierter Quellen in der Netzwerkgrafik zeigt (vgl. van Eck & Waltman, 2017). Bei genauerer qualitativer Betrachtung fällt jedoch auf, dass es sich bei den am häufigsten ko-zitierten Quellen nicht um Publikationen mit Bezug zur Unterrichtsplanung, sondern überwiegend um allgemeine professionstheoretische Publikationen handelt (v. a. Shulman 1986, 1987). Dies lässt sich so erklären, dass dem Suchstring, der für das zugrundeliegende Scoping Review genutzt wurde (Großmann et al., 2024), eine Bezugnahme auf PCK zugrunde liegt. Folglich gehören zu den untersuchten $n = 62$ Publikationen auch solche, die explizit das seit mehr als drei Jahrzehnten intensiv beforschte Konstrukt PCK (vgl. Chan & Hume, 2019) in Unterrichtsplanungsprozessen bzw. -produkten untersuchen. Insofern ist die Zitation von Quellen wie Shulman (1986, 1987) wenig verwunderlich. Damit lässt sich für die Unterrichtsplanungsforschung ein für die Wissenschaft insgesamt geltender Zusammenhang bestätigen: Ist in einem Feld durch eine oder wenige Studien ein Grundstein gelegt, werden diese Studien naturgemäß sehr oft zitiert und gelten als besonders einflussreich und innovativ, während die darauf aufbauenden Studien einen vergleichbaren Einfluss im selben Forschungsfeld nicht mehr erreichen (Park et al., 2023). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die einbezogenen $n = 62$ Publikationen nicht auf Unterrichtsplanungsliteratur, sondern v. a. auf Literatur zu ihren jeweiligen Forschungsschwerpunkten (z. B. zu PCK) beziehen.

Diese Annahme wird durch die Analyse der bibliografischen Kopplung gestützt (vgl. Kessler, 1963; F3): Es zeigt sich, dass die $n = 62$ Publikationen keineswegs stark untereinander gekoppelt sind und sich das Forschungsfeld deshalb als vereinzelt darstellt (Abb. 4). Die beiden großen Cluster lassen sich am ehesten einerseits der PCK-Forschung (Cluster 1) und andererseits der Forschung zu *curriculum materials* (z. B. Beyer & Davis, 2009) zuordnen, die die Unterrichtsplanungsforschung im engeren Sinne (Cluster 2) und als kleinen Teilbereich dieses sehr viel weiteren Felds betrifft (vgl. beispielsweise kognitive Herausforderungen: König et al., 2021; Dispositionen wie PCK: Weitzel & Blank, 2020; Einflüsse psychoemotionaler Entscheidungstendenzen: Küth et al., 2021). Insgesamt lässt sich somit feststellen, dass sich noch keine homogene *Forschungsoffensive* gebildet hat (Galvagno, 2017), die sich auf gemeinsame Literatur zur Unterrichtsplanung stützt. Eine oder mehrere

originär auf Unterrichtsplanungskompetenz bezogene Publikationen mit entsprechendem Referenzpotenzial existieren damit offensichtlich noch nicht oder wurden als solche noch nicht identifiziert.

6 Fazit und Ausblick

Auch wenn die Analyse von Zitationen, Ko-Zitationen und bibliografischen Koppelungen der Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen dient (Zupic & Čater, 2015), zeigt sich am Beispiel der naturwissenschaftsdidaktischen Unterrichtsplanungsforschung, dass die Kombination der verschiedenen bibliometrischen Zugänge einen Erkenntnisgewinn liefert, den eine rein qualitative Rezeption der Forschungsliteratur nicht ermöglicht hätte: Insgesamt stützen die quantitativen Ergebnisse die Annahme, dass die Unterrichtsplanungsforschung derzeit noch nicht als kohärentes Forschungsfeld mit entsprechend geteilten Referenzen angesehen werden kann – obwohl es inzwischen zahlreiche empirische Studien gibt, in denen Teilaspekte des komplexen Konstrukts Unterrichtsplanungskompetenz untersucht werden (vgl. König & Rothland, 2022). Zudem wird anhand der Ko-Zitationsanalyse (Abb. 3) deutlich, dass die Unterrichtsplanungsforschung hinsichtlich ihrer Wissensbasis nach wie vor eher in der generischen Professionsforschung verortet ist, und die Spezifika der Naturwissenschaften im Allgemeinen bzw. des Faches Biologie (z. B. Neuhaus, 2021) im Besonderen in der empirischen Forschung noch nicht hinreichend berücksichtigt werden. Dies wird mittels der bibliometrischen Analyse empirisch valide nachgewiesen.

Auf die deutschsprachige biologiedidaktische Forschung im Allgemeinen bezogen fällt auf, dass bibliometrische Analysen bislang kaum verbreitet sind. Während sie beispielsweise in der Physikdidaktik (z. B. Effendi et al., 2021), der Mathematikdidaktik (z. B. Hwang & Tu, 2021) oder allgemein in der Naturwissenschafts- bzw. MINT-Didaktik (z. B. Comarú et al., 2021; Bielik et al., 2023) in jüngerer Zeit vermehrt genutzt werden, scheint die biologiedidaktische Forschung sich der Bibliometrie bislang noch nicht anzunehmen. Die zahlreichen auf diesem Wege zu beantwortenden Forschungsfragen (Zupic & Čater, 2015) und die am Beispiel der Unterrichtsplanungsforschung illustrierten Erkenntnisse könnten Anlass bieten, bibliometrische Analysen in anderen Feldern der biologiedidaktischen Forschung zu nutzen, um Forschungsfelder zu kartieren und dabei möglicherweise Forschungslücken zu entdecken.

Literaturverzeichnis

- Bastian, M., Heymann, S. & Jacomy, M. (2009). Gephi. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*, 3(1), 361–362. <https://doi.org/10.1609/icwsm.v3i1.13937>
- Beyer, C. J. & Davis, E. A. (2009). Supporting Preservice Elementary Teachers' Critique and Adaptation of Science Lesson Plans Using Educative Curriculum Materials. *Journal of Science Teacher Education*, 20(6), 517. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9148-5>
- Bielik, T., Delen, I., Krell, M. & Assaraf, O. B. Z. (2023). Characterising the Literature on the Teaching and Learning of System Thinking and Complexity in STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, 6(2), 199–231. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00087-9>
- Boyack, K. W. & Klavans, R. (2010). Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(12), 2389–2404. <https://doi.org/10.1002/asi.21419>
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' Beliefs About the Nature of Science and Their Relationship to Classroom Practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53–62. <https://doi.org/10.1177/002248719004100307>
- Chan, K. K. H. & Hume, A. (2019). Towards a consensus model. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (S. 3–76). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_1
- Comarú, M. W., Lopes, R. M., Braga, L. A. M., Batista Mota, F. & Galvão, C. (2021). A bibliometric and descriptive analysis of inclusive education in science education. *Studies in Science Education*, 57(2), 241–263. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1897930>
- Demirdöğen, B. & Uzuntiryaki-Kondakçı, E. (2016). Closing the gap between beliefs and practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 818–841. <https://doi.org/10.1039/c6rp00062b>
- Effendi, D. N., Irwandani, Anggraini, W., Jatmiko, A., Rahmayanti, H., Ichsan, I. Z. & Mehadi Rahman, M. (2021). Bibliometric analysis of scientific literacy using VOS viewer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796(1), 12096. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012096>
- Forbes, C. T. (2011). Preservice elementary teachers' adaptation of science curriculum materials for inquiry-based elementary science. *Science Education*, 95(5), 927–955. <https://doi.org/10.1002/sce.20444>

- Forbes, C. T. (2013). Curriculum-Dependent and Curriculum-Independent Factors in Preservice Elementary Teachers' Adaptation of Science Curriculum Materials for Inquiry-Based Science. *Journal of Science Teacher Education*, 24(1), 179–197. <https://doi.org/10.1007/s10972-011-9245-0>
- Galvagno, M. (2017). Bibliometric literature review. *Mercati & Competitivà*(4), Artikel 1, 7–15. <https://doi.org/10.3280/MC2017-004001>
- Garfield, E. (1964). "Science Citation Index" – A New Dimension in Indexing. *Science*, 144(3619), 649–654. <https://doi.org/10.1126/science.144.3619.649>
- Gropengießer, H. & Harms, U. (2023). Lerngelegenheiten planen und durchführen. In H. Gropengießer & U. Harms (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (1. Aufl., S. 162–179). Aulis.
- Großmann, L., Koberstein-Schwarz, M., Scholl, D., Krüger, D. & Meisert, A., Establishing Common Ground in Empirical Research on Science Teachers' Lesson Planning Competence: A Scoping Review. *Studies in Science Education*, 1–51. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2415246>
- Großmann, L. & Krüger, D. (2022). Welche Rolle spielt das fachdidaktische Wissen von Biologie-Referendar*innen für die Qualität ihrer Unterrichtsentwürfe? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 28(1). <https://doi.org/10.1007/s40573-022-00141-w>
- Gunckel, K. L. (2011). Mediators of a Preservice Teacher's Use of the Inquiry-Application Instructional Model. *Journal of Science Teacher Education*, 22(1), 79–100. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9223-y>
- Hwang, G.-J. & Tu, Y.-F. (2021). Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education. *Mathematics*, 9(6), 584. <https://doi.org/10.3390/math9060584>
- Käpylä, M., Heikkinen, J.-P. & Asunta, T. (2009). Influence of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 31(10), 1395–1415. <https://doi.org/10.1080/09500690802082168>
- Kessler, M. M. (1963). Bibliographic coupling between scientific papers. *American Documentation*, 14(1), 10–25. <https://doi.org/10.1002/asi.5090140103>
- Koberstein-Schwarz, M. & Meisert, A. (2022). Pedagogical content knowledge in material-based lesson planning of preservice biology teachers. *Teaching and Teacher Education*, 116, 103745. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103745>
- König, J., Krepf, M., Bremerich-Vos, A. & Buchholtz, C. (2021). Meeting cognitive demands of lesson planning. *The Teacher Educator*, 56(4), 466–487. <https://doi.org/10.1080/08878730.2021.1938324>
- König, J. & Rothland, M. (2022). Stichwort: Unterrichtsplanungskompetenz. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 25, 771–813. <https://doi.org/10.1007/s11618-022-01107-x>

- Küth, S., Scholl, D. & Schüle, C. (2021). Entscheidungstendenzen als psychoemotionale Einflussfaktoren auf das selbsteingeschätzte unterrichtliche Planungsverhalten angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(5), 1165–1182. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01029-0>
- Neuhaus, B. J. (2021). Unterrichtsqualität aus der Perspektive der Biologiedidaktik. *Unterrichtswissenschaft*, 49(2), 273–283. <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00114-x>
- Park, M., Leahey, E. & Funk, R. J. (2023). Papers and patents are becoming less disruptive over time. *Nature*, 613(7942), 138–144. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05543-x>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1–22.
- Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 24(4), 265–269. <https://doi.org/10.1002/asi.4630240406>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H. L., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR). *Annals of internal medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- van Eck, N. J. & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- van Eck, N. J. & Waltman, L. (2014). Visualizing Bibliometric Networks. In Y. Ding, R. Rousseau & D. Wolfram (Hrsg.), *Measuring Scholarly Impact* (S. 285–320). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13
- van Eck, N. J. & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053–1070. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7>
- Waltman, L., van Eck, N. J. & Noyons, E. C. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 4(4), 629–635. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.07.002>
- Weitzel, H. & Blank, R. (2020). Pedagogical Content Knowledge in peer dialogues between pre-service biology teachers in the planning of science lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 31(1), 75–93. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1664874>

Zupic, I. & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>

Informationen zu den Autor:innen

Leroy Großmann

Freie Universität Berlin, Didaktik der Biologie
leroy.grossmann@fu-berlin.de
<https://orcid.org/0000-0001-7635-1737>

Maren Koberstein-Schwarz

IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Didaktik der Biologie
koberstein@leibniz-ipn.de
<https://orcid.org/0000-0003-0522-8189>

Daniel Scholl

Universität Siegen, Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Schulpädagogik
daniel.scholl@uni-siegen.de
<https://orcid.org/0000-0003-3403-9811>

Anke Meisert

Universität Hildesheim, Abteilung Biologie
meisert@uni-hildesheim.de
<https://orcid.org/0000-0002-7671-5075>

Dirk Krüger

Freie Universität Berlin, Didaktik der Biologie
dirk.krueger@fu-berlin.de
<https://orcid.org/0000-0003-0999-4382>

Alexander Büssing, Julia Arnold, Alexander Bergmann-Gering,
Till Bruckermann, Arne Dittmer, Daniela Mahler,
Annette Upmeier zu Belzen & Bianca Reinisch

Der Family Resemblance Approach als Rahmen für Reflexionen über das Wesen der Biologiedidaktik – eine Round Table Dokumentation

Zusammenfassung

Eine Reflexion über das Wesen der Biologiedidaktik hat das Potenzial, historische Entwicklungen der Disziplin analysieren und zukünftige Entwicklungen antizipieren zu können. Besonders geeignet für eine solche Reflexion erscheint der in eine kognitiv-epistemische und eine sozial-institutionelle Dimension strukturierte *Family Resemblance Approach* (FRA). Im Beitrag werden die Diskussionen eines *Round Table* über den FRA als Reflexionsrahmen für das Wesen der Biologiedidaktik zusammengefasst. Der *Round Table* war als World-Café mit drei Tischen organisiert. Die Diskussionen zeigten, dass eine konsensuelle Beschreibung der Identität der Biologiedidaktik aufgrund der Diversität ihrer Forschungsfelder und Referenzdisziplinen eher schwerfällt (Tisch 1). Als wichtigste Zielgruppen der Biologiedidaktik wurden Lehramtsstudierende oder Lehrkräfte genannt, mit denen v. a. über die Relevanz biologiedidaktischer Forschung kommuniziert wird (Tisch 2). In der Diskussion über sozial-institutionelle Merkmale und Aufgaben der Biologiedidaktik konnten insbesondere anwendungsorientierte Aktivitäten identifiziert werden (z. B. Arbeit an Curricula), die bisher wenig im Fokus standen (Tisch 3). Unsicherheiten bestanden u. a. hinsichtlich der Abgrenzung zu anderen Fachdidaktiken und es wurden systematische empirische Untersuchungen als sinnvoll betrachtet, um das wissenschaftliche Profil der Biologiedidaktik weiter auszuschärfen.

Abstract

A reflection on the nature of biology education research has the potential to analyze the historical developments of the discipline and anticipate future trends. The *Family Resemblance Approach* (FRA), structured into a cognitive-epistemic and a social-institutional dimension, appears particularly suitable for such a reflection. This contribution summarizes the discussions from a roundtable on using the FRA as a reflective framework for the nature of biology education research. The roundtable was organized as a World Café with three tables. The discussions revealed that reaching a consensual description of the identity of biology education research is difficult due to the diversity of its research fields and reference disciplines (Table 1). Teacher trainees or educators were frequently mentioned as the primary target audience for communication about biology education research, with a particular emphasis on highlighting the relevance of biology education research to them (Table 2). In the discussion about the social-institutional characteristics and tasks of biology education researchers, particularly application-oriented activities (e.g., work on curricula) were identified, which have received little attention so far (Table 3). There was uncertainty regarding the distinction from other subject didactics, and systematic empirical investigations were considered useful to further sharpen the scientific profile of biology education research.

1 Einleitung

Für Forscher:innen bieten Reflexionen über die Ausrichtung, die Aufgaben und Ziele ihrer Disziplin eine Möglichkeit, ihr Fach sowie disziplinspezifische Strömungen in diesem zu charakterisieren, woraus sich Konsequenzen für die Weiterentwicklung der Disziplin ergeben können (Abraham & Rothgangel, 2017). Einige Autor:innen schilderten in diesem Sinne ihre Perspektiven auf die Biologiedidaktik im Kontext historischer Entwicklungen (Kattmann, 2017), bezüglich der Unterrichtspraxis (Hammann, 2016) oder bezogen Stellung zu Schwerpunktsetzungen in der Biologiedidaktik (Harms, 2021). Jeder dieser Ansätze wurde durch eigene inhaltlich-theoretische Akzentuierungen geprägt. Eine wissenschaftstheoretisch reflektierende Charakterisierung der Biologiedidaktik zeigt sich bisher nur ansatzweise in Stellungnahmen zur Rolle der Fachdidaktik in der Lehrkräftebildung oder in der schulbezogenen Bildungsforschung (z. B. Upmeyer zu Belzen & Beniermann, 2020).

Herausforderungen für solche disziplinären Selbstreflexionen liegen zum einen in der subjektiven Sichtweise, die sich u. a. durch die jeweils eigene akademische Sozialisation und Forschungsausrichtung ergeben. Deutungen der Forschungspraxis werden durch eigene Werte und Praktiken mindestens implizit beeinflusst. Zum anderen fokussierten bisherige Standortbestimmungen häufig auf curriculare und methodische Aspekte. So bestehen Übersichten zu biologiedidaktischem Wissen (Groß et al., 2019) und naturwissenschaftsdidaktischen Methoden (Krüger et al., 2014), die für die Lehre und Nachwuchswissenschaftler:innen aufbereitet wurden. Sozial-institutionelle Aspekte wie Tätigkeiten innerhalb akademischer Institutionen und praxisbezogene Aktivitäten von Forschenden zur Fortbildung und Entwicklung der formellen und informellen Bildungsarbeit sowie damit verbundene Werte wurden jedoch bisher selten thematisiert (Büssing, 2024).

Der vorliegende Beitrag zielt darauf ab, eine solche systematische Reflexion der Charakteristika der Biologiedidaktik anzustoßen. Hierzu werden die Ergebnisse eines Round Table berichtet, auf dem der im Lern- und Forschungsbereich *Nature of Science* (NOS) etablierte *Family Resemblance Approach* (FRA; Erduran & Dagher, 2014) genutzt wird.

2 Theoretischer Rahmen

Mit Bezug zu dem sprachphilosophischen Ansatz der Familienähnlichkeiten von Wittgenstein (1958) schlagen Irzik und Nola (2011) den FRA als konzeptionelle Grundlage für den fachdidaktischen Lern- und Forschungsbereich NOS vor. Der FRA betrachtet wissenschaftliche Disziplinen als Mitglieder einer Familie, die gemeinsame, aber nicht immer identische Merkmale aufweisen. Ziel des FRA ist es, die Vielfalt und Gemeinsamkeiten der Wissenschaften zu beschreiben, ohne eine strikte Definition von Wissenschaft vorzugeben. Das kriteriengeleitete Beobachten ist beispielsweise disziplinübergreifend relevant (Irzik & Nola, 2011). Erst spezifische Merkmale wie kriteriengeleitetes Beobachten mit spezifischen Messinstrumenten verdeutlichen den wissenschaftlichen Charakter des Beobachtens in Fächern wie der Biologie (Reinisch & Fricke, 2022).

Der FRA umfasst Kategorien (Tab. 1), die disziplinübergreifend und -spezifisch anwendbar sind, ohne wissenschaftstheoretische Positionen vorzuschreiben (van Dijk, 2011). Der FRA benennt dabei wissenschaftstheoretisch relevante Kategorien und weist Gemeinsamkeiten mit anderen NOS-Konzeptualisierungen und Vorstellungen von Expert:innen (Osborne et al., 2003; Wong & Hodson, 2010) auf. Der FRA scheint sich für eine solche Selbstreflexion besonders zu eignen, da auf diese

Weise Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede der Biologiedidaktik zu vermeintlich verwandten Disziplinen wie anderen Naturwissenschaftsdidaktiken erkannt und systematisch reflektiert werden können (Büssing et al., 2023).

Tabelle 1: Kategorien des FRA (nach Erduran & Dagher, 2014)

FRA-Kategorie	Beschreibung
<i>Das kognitiv-epistemische System</i>	
Ziele und Werte	Die zentralen kognitiven und epistemischen Ziele von Wissenschaft, z. B. Genauigkeit, Objektivität.
Wissenschaftliche Aktivitäten und Prozesse	Kognitive und epistemische Verfahren, die zu wissenschaftlichem Wissen führen, z. B. Beobachtungen und Experimente planen und Generierung von Theorien oder Modellen.
Methodisches Vorgehen und methodologische Regeln	Vorgaben oder Regeln, denen Wissenschaftler:innen folgen, z. B. Anwendung von Kontrollexperimenten zur Kausalitätsprüfung.
Wissen	Theorien, Gesetze, Modelle und Erklärungen, die die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen untermauern.
<i>Das sozial-institutionelle System</i>	
Berufliche Aktivitäten	Aktivitäten, denen Wissenschaftler:innen nachgehen, um ihre Forschung zu kommunizieren, z. B. Teilnahme an Tagungen.
Wissenschaftlicher Ethos	Die Normen, die Wissenschaftler:innen in ihrer Arbeit und der Zusammenarbeit mit Kolleg:innen anwenden, z. B. Ehrlichkeit, Uneigennützigkeit.
Soziale Bestätigung und Verbreitung	Die sozialen Mechanismen, durch die Wissenschaftler:innen wissenschaftliches Wissen prüfen, bewerten und validieren, v. a. Peer-Review-Verfahren.
Soziale Werte	Werte wie Freiheit, Respekt für die Umwelt und sozialer Nutzen in Bezug auf die Verbesserung der menschlichen Gesundheit und Lebensqualität sowie auf die ökonomische Entwicklung.
Soziale Organisationen und Interaktionen	Perspektiven über Wissenschaftler:innen als Angestellte bzw. Arbeitgeber:innen (Karrierestufen), Gestaltung institutioneller Strukturen/Dynamiken, Interaktionen unter Wissenschaftler:innen.

Politische Machtstrukturen	Machtdynamiken, die unter Wissenschaftler:innen sowie innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft vorherrschen; politische Einstellungen, die Wissenschaft beeinflussen, z. B. in Bezug auf Gender-Fragen, Nationalität.
Finanzielle Systeme	Finanzierung von Wissenschaft; Kommerzialisierung von Wissenschaft, z. B. technologische Erträge wie genetisch veränderte Lebensmittel.

3 Ziel und methodisches Vorgehen

Das übergeordnete Ziel des Round Table lag in der Reflexion unterschiedlicher Charakteristika der Biologiedidaktik unter Nutzung des FRA. Dafür wurden durch die Autor:innen Fragestellungen erarbeitet und vorgegeben. Nach einer kurzen Einführung wurden die Teilnehmenden für eine Arbeitsphase auf drei Tische mit je einem inhaltlichen Schwerpunkt aufgeteilt:

- (1) *Wie lässt sich die Identität der Biologiedidaktik beschreiben und wie bildet sich diese in den Zielen und Werten der Disziplin ab?*
- (2) *Wie wird über Biologiedidaktik kommuniziert und welche Gruppen sind dabei involviert?*
- (3) *Welche sozial-institutionellen Eigenschaften lassen sich der Biologiedidaktik zuschreiben?*

Die Fragen werfen unterschiedliche Perspektiven auf das Wesen der Biologiedidaktik. So bezogen sich die Tische 1 und 3 auf konkrete Kategorien des FRA, während Tisch 2 den FRA zur Beschreibung der Zielgruppen der Kommunikation über die Disziplin „Biologiedidaktik“ nutzte. Jeder Schwerpunkt wurde von jeweils zwei Autor:innen des vorliegenden Beitrags moderiert und dokumentiert. Der weitere Verlauf des Beitrags fasst die geführten Diskussionen zusammen und beschreibt diese vor dem theoretischen Hintergrund des FRA.

4 Ergebnisse der Tische

4.1 Ziele, Werte und Identität der Biologiedidaktik

Mit Blick auf die Frage nach dem Wesen der Biologiedidaktik wurde an Tisch 1 die Frage nach der Identität der Biologiedidaktik diskutiert. Diese Diskussion erfolgte insbesondere mit Bezug auf die FRA-Kategorie *Ziele und Werte* (Tab. 1). Im Mittelpunkt der Diskussion stand das Selbstverständnis der Biologiedidaktik als eine fachbezogene und vielfältig agierende Disziplin der Bildungsforschung, die neben Forschungsaktivitäten auch außeruniversitären Aufgaben nachgeht.

Fachdidaktiken wurden dabei als interdisziplinär agierende wissenschaftliche Disziplinen charakterisiert, die zahlreiche Verknüpfungen zu anderen Fächern herstellen. Im Fall der Biologiedidaktik beziehe sich dies auf ihre wichtigste Referenzdisziplin, die Biologie, aber auch auf Psychologie, Erziehungswissenschaft oder andere Disziplinen. Der interdisziplinäre Charakter der Fachdidaktiken spiegelt sich in den fakultativen Zuordnungen wider, was sich auf die beruflichen Identitäten von Biologiedidaktiker:innen auswirken könne. Auch in den Diskussionen tendierten die Teilnehmer:innen dabei zu wechselnden Selbstwahrnehmungen als Biolog:in, Pädagog:in, Lernpsycholog:in oder als Biophilosoph:in.

Es wurde zudem diskutiert, ob die Frage nach dem disziplinären Selbstverständnis für die Biologiedidaktik eine größere Rolle spielen würde, als es in traditionellen Disziplinen der Fall sei. In Lehrbüchern finden sich vielfach Beschreibungen, in denen die Biologiedidaktik bezogen auf ihre Zielgruppen als interdisziplinär agierende Berufs- und Vermittlungswissenschaft und – den unterrichts- und lernforschenden Charakter hervorhebend – als „Wissenschaft vom fachspezifischen Lehren und Lernen innerhalb und außerhalb der Schule“ (KVFF, 1998, S. 13) definiert wird. Im ersten Semester anderer Studiengänge, wie der Biologie, müsse gemeinhin weniger Zeit für die Klärung der Fragen nach dem Wesen und der Rolle der Fachdidaktik aufgewendet werden.

In der Diskussion wurde hervorgehoben, dass der interdisziplinäre Charakter der Fachdidaktik nicht nur durch eine enorme Diversität geprägt sei, sondern sich dynamisch entwickle und Biologiedidaktiker:innen immer wieder auf eine sich verändernde Bildungspraxis und gesellschaftliche Herausforderungen reagieren würden. Dieses Wesensmerkmal, in Forschung und Lehre anwendungsorientiert auf aktuelle Bildungsthemen und eine sich verändernde Schullandschaft evidenzbasiert zu reagieren und so zur „individuellen und gesellschaftlichen Problemlösung“ (Upmeier zu Belzen & Beniermann, 2020, S. 656) beizutragen, habe das Potenzial, den Wert schulischen Biologieunterrichts in einer zunehmend vernetzten Welt

zu stärken. Die Vielfalt an Praxisbezügen und der damit einhergehenden Diversität an Theorieorientierungen wurde im Rahmen des Round Table als eine Stärke interpretiert, auch wenn die Identitätsfindung und Abgrenzung von den genannten Referenzdisziplinen ein wiederkehrendes Bedürfnis von Biologiedidaktik:innen zu sein scheint.

4.2 Über Biologiedidaktik kommunizieren

Der FRA eröffnet einen Rahmen für die Reflexion darüber, wie mit relevanten Personengruppen kommuniziert wird. Dabei kann sich die Reflexion auf die Ziele oder Anforderungen an Forschungsmethoden (kognitiv-epistemisch), aber auch auf institutionelle Rahmenbedingungen oder das Verhältnis von Forschung und Unterrichtspraxis beziehen (sozial-institutionell). Vor dem Hintergrund solcher Analysen bestand das Ziel des zweiten Tisches darin, im gemeinsamen Austausch zu erkunden, wie Forscher:innen über Biologiedidaktik als wissenschaftliche Disziplin mit unterschiedlichen Zielgruppen kommunizieren und welche Aspekte in der Kommunikation jeweils besonders betont oder ausgeblendet werden.

Grundsätzlich wurde in der Diskussion deutlich, dass die Teilnehmenden „Biologiedidaktik“ begrifflich von „biologiedidaktischer Forschung“ trennen und Biologiedidaktik dabei als breites Handlungsfeld wahrnehmen würden, das biologiedidaktische Forschung inkludiert. Generell sollte bei der Kommunikation über Biologiedidaktik geklärt werden, zu welchem Zweck und an wen kommuniziert werden soll.

Die Diskussion zeigte, dass in der Lehrkräftebildung mit Studierenden v. a. auf Ziel- und Inhaltsebene diskutiert werde. Die Fragen, wofür es Biologiedidaktik und biologiedidaktische Forschung gebe, stünde dabei im Mittelpunkt. Zunächst solle den Studierenden die Relevanz des Faches in verschiedenen Handlungsfeldern deutlich werden (z. B. der Schule). Diese Relevanz könne für Studierende an eher offensichtlichen Aspekten wie der Beteiligung an der Lehrkräftebildung, dem Entwickeln von Materialien oder der Mitarbeit an curricularen Vorgaben deutlich werden (auch wenn sie selbst nicht daran beteiligt sind). Weitere Aspekte stellten das Bereitstellen empirisch und damit durch Evidenz gestützte Befunde wie wirksame Strategien zur Förderung von Verstehensprozessen und zur Kompetenzentwicklung dar. Dieser Aspekt ist auch deshalb relevant, weil er Studierenden die Biologiedidaktik als ein eigenes Berufsfeld vorstelle, das ihnen als Alternative zu ihrem eigentlichen Berufswunsch *Lehrkraft* vor dem Studium zumeist unbekannt bleiben würde. So wüssten Studierende eher weniger über das breite Feld beruflicher Aktivitäten von Biologiedidaktiker:innen.

Die Kommunikation über die Biologiedidaktik als forschende Disziplin könne über themenspezifische Lehrveranstaltungen stattfinden, in denen auch verdeutlicht werden solle, dass es sich um sozialwissenschaftlich-psychologisch geprägte Forschung handelt. Diese Einordnung könne von einer Kommunikation im Sinne einer Standortbestimmung profitieren: Welche Methoden verfolgt die Biologiedidaktik? Welche Fragestellungen werden für relevant gehalten? Wie grenzt sich die Biologiedidaktik von der Pädagogik und anderen Disziplinen ab? Es wurde im Rahmen der Diskussion auch deutlich, dass bestimmte relevante Aspekte gegenüber Studierenden eher nicht kommuniziert werden. So blieben sozial-institutionelle Aspekte wie Machtstrukturen und finanzielle Interessen oder Notwendigkeiten der fachdidaktischen Forschung häufig unerwähnt. Auch würden Auswirkungen der Einwerbung von Drittmitteln auf die thematische Ausrichtung in Forschung und Lehre an den Standorten den Studierenden nur selten offen kommuniziert.

Zusammengefasst wird deutlich, dass die Teilnehmenden v. a. die Kommunikation über Biologiedidaktik mit Lehramtsstudierenden und Forscher:innen thematisierten, und dabei jeweils ganz eigene Schwerpunkte setzten und Erwartungen formulierten. Eine gemeinsame, disziplininhärente Kommunikation scheint nur für ausgewählte Aspekte vorzuliegen, beispielsweise wenn Biologiedidaktik allgemein als Disziplin dargestellt wird, die sich mit der Verbesserung des Biologielernens befasst.

4.3 Sozial-institutionelle Aspekte der Biologiedidaktik

In bisherigen Reflexionen über den Charakter der Biologiedidaktik standen v. a. Theorien und Methoden der Biologiedidaktik im Fokus. Interviewstudien mit Forscher:innen belegen den Einfluss kultureller, sozialer, politischer, wirtschaftlicher, ethischer und persönlicher Faktoren auf die Wissenschaftsentwicklung (z. B. Wong & Hodson, 2010). Ausgehend von diesen Überlegungen zielte die Diskussion am dritten Tisch darauf ab, sozial-institutionelle Bedingungen festzuhalten, denen Forscher:innen in der Biologiedidaktik gegenüberstehen.

Den ersten Diskussionspunkt bildete dabei die Frage nach der Disziplinspezifität. Es wurde diskutiert, inwieweit sozial-institutionelle Faktoren für die Biologiedidaktik überhaupt einzigartig sind oder nicht generell von Merkmalen der Naturwissenschaftsdidaktik zu sprechen sei. Auch die Nähe der Biologiedidaktik zu Feldern wie der Pädagogik und weiteren Disziplinen lasse vermuten, dass die Naturwissenschaftsdidaktiken im Sinne des FRA durch eine größere Verwandtschaft zueinander ausgezeichnet sind als andere Disziplinen. Hierzu würde auch die Einbindung der Biologiedidaktik in die universitären Strukturen je nach Stand-

ort beitragen, die mal zu einer naturwissenschaftlichen Fakultät, mal zu einer erziehungs- oder geisteswissenschaftlichen Fakultät gehörten.

In der weiteren Diskussion wurden v. a. *berufliche Aktivitäten* (Tab. 1) identifiziert, die sich teils klar von anderen Disziplinen abgrenzen lassen könnten. Es wurde u. a. herausgestellt, dass biologiedidaktische Themen und damit verbundene Aktivitäten wie Gesundheitsbildung und Naturschutz als „Kondensationskeime“ fungieren könnten. Der Begriff „Kondensationskeim“ beziehe sich auf Ausgangsthemen für breitere, interdisziplinäre Diskussionen und Initiativen, die aus der Biologiedidaktik heraus entstehen und sich in angrenzende Bereiche ausdehnen könnten. Diese überfachlichen Themen würden beispielhaft aufzeigen, wie die Grenzen der Disziplin überschritten und Verbindungen zu anderen Wissensgebieten und gesellschaftlichen Belangen hergestellt werden können. Solche Initiativen seien auch entscheidend, um die Relevanz und Anwendbarkeit der Forschung in der Biologiedidaktik in einem breiteren Kontext zu demonstrieren und zu verstärken. Weitere berufliche Aktivitäten, die nicht ausschließlich für die Biologiedidaktik, sondern auch für andere Naturwissenschaftsdidaktiken gelten dürften, haben einen Bezug zu spezifischen Lehrräumen wie bei schulischen Praktikumsbesuchen oder der Lehre in naturnaher Umgebung. Auch die Entwicklung von Curricula und die politische Beratung wären eher allgemeine Aufgaben der Fachdidaktiken.

Neben diesen beruflichen Aktivitäten wurden vereinzelt weitere FRA-Kategorien diskutiert. Beispielsweise wurde diskutiert, inwieweit eine im Vergleich zu anderen wissenschaftlichen Disziplinen fehlende „Bildungslobby“ zu einer erschwerten finanziellen Ausgangssituation für Forscher:innen führe (*politische Machtstrukturen, finanzielle Systeme*; Tab. 1). So wäre beispielsweise in der Medizin und der Industrie eine enge Verknüpfung mit anderen Wegen für die Beschaffung finanzieller Mittel vorhanden, die jedoch ebenfalls nicht intendierte Nebeneffekte wie Einflussnahme mit sich bringen könne. Unklar blieb, ob Forscher:innen anderer naturwissenschaftlicher Didaktiken wie die Chemie- und Physikdidaktik an dieser Stelle aufgrund ihrer Nähe zur jeweiligen fachwissenschaftlichen Bezugsdisziplin einen Vorteil gegenüber Forscher:innen der Biologiedidaktik hätten. Dies hänge jedoch stark vom einzelnen Standort ab, da an einigen Standorten auch enge Verknüpfungen zur Bezugsdisziplin bestehe und eine Partizipation an größeren Projekten wie Sonderforschungsbereichen möglich sei.

Das Fazit der Diskussion war, dass spezifische sozial-institutionelle Merkmale der Biologiedidaktik identifiziert werden konnten, wobei punktuell Unsicherheiten bezüglich der Abgrenzung zu anderen Fachdidaktiken bestanden. Hier bieten sich zukünftig Ansatzpunkte für eine systematische und empirisch fundierte Reflexion des Wesens der Biologiedidaktik.

5 Diskussion

Die im Round Table diskutierten Ergebnisse zeigen, dass der FRA eine wertvolle Grundlage bietet, um die Biologiedidaktik systematisch zu reflektieren und ihr Wesen zu analysieren. Es wurde deutlich, dass die Biologiedidaktik als interdisziplinäre Disziplin einer ständigen Identitätsfindung und -abgrenzung unterliegt. Diese Dynamik ist sowohl eine Stärke als auch eine Herausforderung, da sie einerseits die Anpassungsfähigkeit und Relevanz der Biologiedidaktik unterstreicht, andererseits jedoch eine klare Positionierung erschweren kann. Die geführten Diskussionen in Verbindung mit dem FRA können der Anfang einer Debatte um das Wesen der Biologiedidaktik sein, die selbst noch zu professionalisieren und in vielfacher Hinsicht (z. B. bezüglich der Zielgruppen und der Differenziertheit der herangezogenen Kriterien) zu erweitern ist. Dies bezieht sich neben dem Betrachtungsobjekt (Wesen der Biologiedidaktik oder Wesen der biologiedidaktischen Forschung) auch auf die Inhalte der unterschiedlichen Kategorien des FRA.

Es zeigte sich in den Diskussionen, dass die Biologiedidaktik durch eine große Diversität an Inhalten und Methoden gekennzeichnet ist. Für zukünftige Wissenschaftsreflexionen ist interessant, explizite Möglichkeiten zur Darstellung dieser Diversität biologiedidaktischer Forschung und Lehre zu entwickeln. Ein strukturierter Ansatz, wie der FRA, kann wertvolle Ansatzpunkte für die Generierung von Erkenntnissen dazu liefern, indem mit ihm disziplinübergreifende Gemeinsamkeiten und spezifische Unterschiede herausgearbeitet werden. Ein konkreter Ansatzpunkt hierzu kann in der Erfassung und qualitativen Analyse der Vorstellungen über das Wesen der Biologiedidaktik von Forschenden liegen.

Die Diskussionen verdeutlichten auch die Notwendigkeit der expliziten Thematisierung von eher unterrepräsentierten FRA-Kategorien (Büssing, 2024). Hier kann beispielsweise die ausführliche Besprechung sozial-institutioneller Aspekte wie die Finanzierung fachdidaktischer Forschung eine wichtige Perspektive darstellen. So werden durch die Forschungsförderung bestimmte Themen für die Unterrichtsforschung gesetzt, deren fachspezifische Rolle stark von der Zielsetzung der Förderinstitutionen abhängig ist. Während dieser Aspekt der disziplinären Orientierung an Fördermitteln bereits diskutiert wird (Harms, 2021), ist davon auszugehen, dass die inhaltliche Ausrichtung einer Reflexion über das Wesen der Biologiedidaktik auch von den jeweils individuellen, beruflichen Situationen und Zielen der reflektierenden Biologiedidaktiker:innen abhängig ist.

Eine Identität und das Selbstverständnis einer Disziplin setzen sich letztlich aus persönlichen Erfahrungen und Perspektiven der sich der Disziplin zugehörig fühlenden Forschenden zusammen, die u. a. durch einen komplexen Sozialisationsprozess im Studium und der anschließenden wissenschaftlichen Qualifikation geprägt

werden. Dabei ist von einer großen Variation auszugehen, wobei die Kategorien des FRA eine Möglichkeit sein können, explizit zu thematisieren, wie unterschiedliche Standorte beispielsweise die Rolle der Praxis für ihre Arbeit öffentlichkeitswirksam darstellen (z. B. auf einer Homepage).

6 Fazit und Ausblick

In der Round-Table-Diskussion wurden unterschiedliche Aspekte für eine weiterführende Reflexion des Wesens der Biologiedidaktik genannt. Dabei stellt die fehlende empirische Evidenz ein zentrales Desiderat der Diskussion dar. Diesem Desiderat könnte mittels Fragebogen- oder Interviewstudien begegnet werden, in denen Lehrkräfte, Studierende oder Forschende über ihre Disziplin befragt werden. Wichtig wäre neben einer systematischen Analyse des Wesens der Biologiedidaktik auch weitere Forschung dazu, welche berufsbiografischen Effekte bestimmte Vorstellungen über dieses Wesen haben. Effekte können sich beispielsweise auf die Motivation oder das Wissen in biologiedidaktischen Veranstaltungen oder auch die Lehrkräftebildung beziehen (Büssing, 2024).

Erkenntnisse zu den in diesem Beitrag beschriebenen Aspekten und Fragen nach dem Wesen der Biologiedidaktik wären auch für die weitere Gestaltung der Nachwuchsförderung interessant, wobei verschiedene strukturelle Unterschiede wie das Vorhandensein von pädagogischen Hochschulen oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen beachtet werden sollten (Soziale Organisationen und Interaktionen; Tab. 1). Eine mögliche Spannung zwischen Theorie und Praxis könnte sich auch durch die Betrachtung der verschiedenen Ausbildungsphasen der Lehrkräftebildung ergeben. Hier kann die Stärkung der Biologiedidaktik als Schnittstelle zwischen der Fachdisziplin Biologie und der schulischen Praxis spannende und fruchtbare Diskussionen generieren.

Die Kategorien des FRA können nicht nur für eine Standortbestimmung aus der Retrospektive, sondern auch für zukünftige Entwicklungen genutzt werden: Wenn aus der Reflexion disziplinspezifische Merkmale deutlich werden, könnten diese konstruktiv für die Weiterentwicklung der Biologiedidaktik als autonome Wissenschaftsdisziplin aufgegriffen werden. Der Round Table sollte eine solche Reflexion, ausgehend von den Kategorien des FRA, anstoßen. Dies erscheint gerade vor der Herausforderung Zukunft – dem Tagungsthema des Jahres 2023 – geboten.

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Teilnehmenden des Round Table für die konstruktive und gewinnbringende Diskussion.

Literatur

- Abraham, U. & Rothgangel, M. (2017). Fachdidaktik im Spannungsfeld von „Bildungswissenschaft“ und „Fachwissenschaft“. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik* (S. 15–21). Waxmann.
- Büssing, A. G. (2024). Die Natur der Naturwissenschaftsdidaktiken als Reflexionsmöglichkeit für die Lehrkräftebildung: ein Vorschlag zur Anwendung des Family Resemblance Approach. In B. Reinisch, D. Krüger & D. Mahler (Hrsg.), *Biologiedidaktische Nature of Science-Forschung* (S. 45–58). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-68409-2_5
- Büssing, A. G., Nehring, A. & Bruckermann, T. (2023). Nature of Science als Grundlage einer Wissenschaftsdidaktik der Naturwissenschaftsdidaktiken. In G. Reinmann & R. Rhein (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik Band II* (S. 293–314). transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839462959-013>
- Erduran, S. & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4>
- Groß, J., Hammann, M., Schmiemann, P. & Zabel, J. (2019). *Biologiedidaktische Forschung*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9>
- Hammann, M. (2016). Research reforming practice. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), *Bildungsforschung 2020* (S. 425–428). Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Harms, U. (2021). Bedeutung und Aufgaben einer universitären Didaktik der Biologie? In M. Meier, C. Wulff & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung* (S. 247–257). Waxmann.
- Irzik, G. & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20, 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Kattmann, U. (2017). *Das Feigenblatt und die Geschlechtlichkeit des Lebendigen*. Books on Demand GmbH.
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer.

- KVFF (1998). *Fachdidaktik in Forschung und Lehre*. IPN.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Reinisch, B. & Fricke, K. (2022). Broadening a nature of science conceptualization. *Science Education*, 106(6), 1375–1407. <https://doi.org/10.1002/sce.21729>
- Upmeier zu Belzen, A. & Beniermann, A. (2020). Naturwissenschaftliche Grundbildung im Fächerkanon der Schule. *Zeitschrift für Pädagogik*, 66(5), 642–665. <https://doi.org/10.3262/ZP2005642>
- Van Dijk, E. M. (2011). Portraying real science in science communication. *Science Education*, 95, 1086–1100. <https://doi.org/10.1002/sce.20458>
- Wittgenstein, L. (1958). *Philosophical investigations*. Oxford.
- Wong, S. L. & Hodson, D. (2010). More from the horse’s mouth. *International Journal of Science Education*, 32, 1431–1463. <https://doi.org/10.1080/09500690903104465>

Informationen zu den Autor:innen

Alexander Büssing

Technische Universität Braunschweig
Alexander.buessing@tu-braunschweig.de
<https://orcid.org/0000-0001-6482-4226>

Julia Arnold

Pädagogische Hochschule FHNW
Julia.arnold@fhnw.ch
<https://orsid.org/0000-0001-9252-0262>

Alexander Bergmann-Gering

Universität Leipzig
alexander.bergmann@uni-leipzig.de
<https://orcid.org/0000-0002-8789-8276>

Till Bruckermann

Leibniz Universität Hannover
Till.bruckermann@iew.uni-hannover.de
<https://orcid.org/0000-0002-8789-8276>

Arne Dittmer

Universität Regensburg
arne.dittmer@ur.de

Daniela Mahler

Freie Universität Berlin
daniela.mahler@fu-berlin.de
<https://orcid.org/0000-0003-0921-1093>

Annette Upmeier zu Belzen

Humboldt-Universität zu Berlin
annette.upmeier@biologie.hu-berlin.de
<https://orcid.org/0000-0002-1465-7519>

Bianca Reinisch

Universität Potsdam
bianca.reinisch@uni-potsdam.de
<https://orcid.org/0000-0001-9788-3388>

Silvia Fränkel, Benedikt Heuckmann, Laura Ferreira González,
Moritz Sterken, Sarah Wilken & Melanie Basten

Inklusionsorientierte Anteile in der ersten Phase der biologiedidaktischen Lehrkräftebildung gestalten und verankern. Ergebnisse einer Round-Table-Diskussion

Zusammenfassung

Die Integration inklusionsorientierter Anteile in die Lehrkräftebildung ist ein aktuelles Anliegen der Hochschulbildung. Dennoch fehlen ein breiter Diskurs und Good-Practice-Ansätze in der biologiedidaktischen Lehre. Das Projekt „Bildungsgerechtigkeit und Inklusion als Querschnittsaufgabe im Biologie-Lehramtsstudium“ (BInQ-Bio) (Laufzeit: 09/23 bis 08/25) strebt im Rahmen der Förderlinie „OERContent.nrw“ des Ministeriums für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW die Entwicklung von Open Educational Resources (OER) an, um diese Themen im Biologie-Lehramtsstudium zu etablieren. Während des Round Tables wurden Bedarfe aus der Scientific Community identifiziert, zusammengeführt, Vernetzungsmöglichkeiten eröffnet und grundlegende Implikationen für die Erstellung qualitativ hochwertiger Materialien für die universitäre Lehre erarbeitet. Die Ergebnisse des Round Tables werden in die Entwicklung der OERs im Rahmen von BInQ-Bio einfließen. Nach Projektende können die OERs unter einer Creative Commons Lizenz (CC-BY-SA) deutschlandweit von lehramtsauszubildenden Universitäten genutzt werden. Der vorliegende Beitrag widmet sich den Ergebnissen und Erkenntnissen, die aus dem Round Table hervorgegangen sind, und erörtert darauf aufbauend Implikationen und erste Ansätze zur Gestaltung der Lerneinheiten in BInQ-Bio.

Abstract

The integration of inclusion-oriented components into teacher education is a current concern in higher education. However, there is still a lack of broad discourse and good practice approaches in biology didactic teaching. The project “Educational Equity and Inclusion as a Cross-Cutting Task in Biology Teacher Education” (BInQ-Bio) (duration: 09/23 to 08/25) aims, within the funding program “OER-Content.nrw” of the Ministry of Culture and Science of the State of North Rhine-Westphalia, to develop Open Educational Resources (OER) in order to establish these topics in biology teacher education. During the Round Table, needs from the scientific community were gathered, networking opportunities were opened, and fundamental implications for the creation of high-quality materials for university teaching were developed. The results of the Round Table will be incorporated into the development of OERs within the framework of BInQ-Bio. After the project ends, the OERs can be used nationwide by teacher training universities under a Creative Commons license (CC-BY-SA). This article focuses on the results and insights that emerged from the Round Table and discusses implications and initial approaches for designing the learning units in BInQ-Bio based on these findings.

1 Einleitung

Die Einbindung inklusiver Anteile in die erste Phase der Lehrkräftebildung ist seit Jahren ein zentrales Thema für Hochschullehrende. Angehende Lehrkräfte müssen angemessen auf die Planung und Gestaltung inklusiven Biologieunterrichts vorbereitet werden, um der Heterogenität der Lernenden produktiv begegnen zu können. Bereits im Jahr 2008 hat die Kultusministerkonferenz (KMK) die Einbindung inklusiver Aspekte in die Lehramtsausbildung empfohlen, was 2015 gemeinsam mit der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) genauer spezifiziert wurde: Bis 2025 müssen inklusive Anteile in der ersten Phase der Lehrkräftebildung in den fachdidaktischen Studiengängen verankert und umgesetzt werden (HRK & KMK, 2015). Trotz dieser Vorgaben und gesetzlicher Regelungen in den Bundesländern stellt sich der derzeitige Stand der Implementation als Flickenteppich dar (Frohn & Moser, 2021). In der Biologiedidaktik werden inklusionsorientierte Fragestellungen im Vergleich zu den Bildungswissenschaften seltener thematisiert. Hinzu kommt, dass Lehrende in der Biologiedidaktik aufgrund der getrennten Studiengänge von Fach- und Sonderpädagogik häufig über keine entsprechende Ausbildung im Kontext von Inklusion verfügen (Fränkel et al., 2023; Moser & Kipf, 2015). Alle Hoch-

schulstandorte in Deutschland stehen somit vor der großen Herausforderung, die sogenannten „Inklusions-CPs“ in der biologiedidaktischen Lehre zu verankern und qualitativ hochwertig auszugestalten.

Aufgrund der skizzierten Herausforderungen ist es nicht überraschend, dass sich angehende Biologielehrkräfte wenig auf die Anforderungen inklusiven Unterrichts vorbereitet fühlen und z. T. ungünstige Einstellungsmuster vorhanden sind (Fränkel, 2019). Zahlreiche einzelne Ansätze, die inklusives Handeln als integriert in das Planungsgeschehen inklusiven Biologieunterrichts verstehen, könnten für die Lehrkräftebildung genutzt werden (Basten et al., 2021; zusammenfassend Großmann et al., 2022). Nichtsdestotrotz fehlt bislang ein grundlegender Diskurs über Kompetenzen und Inhalte, die Bestandteil der inklusiven Anteile in der Lehre im Fach Biologie sein sollten. Zwar liegen inklusionpädagogische Rahmenkonzepte für die Lehrkräftebildung (z. B. European Agency, 2012) vor, diese müssten aber vor dem Hintergrund des Faches und seines Inklusionsverständnisses konkretisiert und spezifiziert werden. Diese Transferleistung wurde bereits in ersten innovativen Ansätzen (Fühner et al., 2022; Schildknecht et al., 2022) und Kompetenzmodellen (Schroeder & Fränkel, 2023) erbracht sowie an ersten Hochschulstandorten geleistet (vgl. auch Fränkel et al., 2022a); es mangelt jedoch an einem breiten Diskurs sowie der Dissemination von Good-Practice-Beispielen im Sinne offener Bildungsmaterialien.

Ziel des durch das Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW in der Förderlinie „OERContent.nrw“ geförderten Projektes „Bildungsgerechtigkeit und Inklusion als Querschnittsaufgabe im Biologie-Lehramtsstudium“ (BInQ-Bio) ist es, Open Educational Resources (OER) zu entwickeln, um entsprechende Themen im Biologie-Lehramtsstudium zu verankern (Laufzeit: September 2023 bis August 2025). OER sind offene, kostenfreie Bildungsmaterialien, die eine Nachnutzung, Anpassung und Veränderung des Materials durch Dritte zulassen (UNESCO, 2019). Das Innovative an dem Projekt ist also, dass die Materialien (anders als bisherige Ressourcen) frei für alle zugänglich gemacht werden. Ziel des Round Tables war es, in und mit der Scientific Community zusammen Bedarfe und Impulse für die inklusive biologiedidaktische Lehre zu sammeln und diese für die Entwicklungsarbeit in BInQ-Bio zu nutzen.

2 Das Projekt BInQ-Bio

BInQ-Bio fokussiert die Entwicklung von sechs Lerneinheiten an drei Hochschulstandorten (Abb. 1), die als modulares Baukastensystem konzipiert sind und sich sowohl punktuell als auch kontinuierlich im Biologielehramtsstudium verankern

lassen. Das Projekt bietet die Möglichkeit, vollständige Lerneinheiten als umfassendes Seminarkonzept zu nutzen oder einzelne Lernbausteine aus den Lerneinheiten zur Seminargestaltung auszuwählen. Die Lerneinheiten decken unterschiedliche Inhalte und CP-Umfänge ab, sodass Lehrende die Lerneinheiten oder Lernbausteine nach inhaltlichen und CP-Gesichtspunkten auswählen können. Die Lernbausteine sind in sich geschlossene Untereinheiten, die sich noch mal in die einzelnen Lernaktivitäten aufgliedern lassen, die sich ebenfalls aus dem Baukastensystem entnehmen und in die eigene Lehre integrieren lassen. In dem Projektzeitraum werden sechs barrierefreie, digital gestützte Lerneinheiten entwickelt, die insgesamt bis zu 14 CPs umfassen (Abb. 1). Dieses Baukastensystem ermöglicht es auch anderen Hochschulen, die Lerneinheiten zu nutzen, um inklusionsrelevante Inhalte in der universitären Lehrkräftebildung zu verankern.

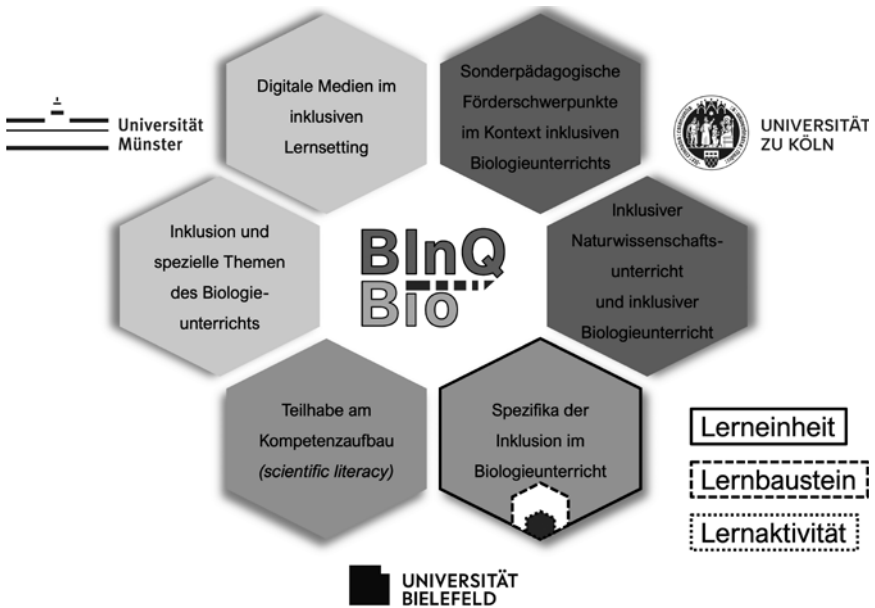


Abbildung 1: Übersicht über die sechs Lerneinheiten der Standorte

Die Lerneinheiten berücksichtigen die Heterogenität der Studierenden auf verschiedenen Ebenen durch die Adaptivität der Inhalte und die Barrierefreiheit (nach WCAG 2.1). Die Lerneinheiten ermöglichen darüber hinaus unterschiedliche Zugangs- und Bearbeitungsweisen (z. B. text-, audio- oder videobasierte For-

mate). Zudem haben die Lerneinheiten eine didaktische Doppeldeckerfunktion: Sie richten sich an Studierende, die zukünftig mit einer heterogenen Schülerschaft arbeiten werden. Außerdem bieten sie auch eine Lernchance für Lehrende an der Hochschule, sich selbst mit dem Thema Inklusion im naturwissenschaftlichen Fachunterricht auseinanderzusetzen.

Die Lernaktivitäten in den Lernbausteinen werden vorwiegend als H5P-Elemente umgesetzt, die in moodle-/ILIAS-basierte Lernmanagement-Systeme eingebunden und damit querschnittlich in die Lehramtsausbildung aller Universitäten integriert werden können. Die Inhalte werden nach einem didaktischen Fünfschritt basierend auf konkreten Lernzielen (KMK, 2008) konzipiert. Es wird eine breite Anwendbarkeit in Form von Selbstlernkursen sowie als Inverted-Classroom-/Blended-Learning-Sequenzen in universitären Veranstaltungen ermöglicht. Die Qualität des Projektes wird durch die Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteur:innen (z. B. Studierende, interne und externe Einrichtungen, Fachcommunity), die in die Entwicklung und Evaluation der OERs eingebunden werden, gesichert.

3 Ablauf, Teilnehmende und Ergebnisse des Round Tables

3.1 Ablauf

Der Round Table startete mit einer Vorstellungsrunde, einer knappen Einführung in das Thema sowie einer Übersicht über Ziele, Ablauf und Struktur des Projektes BInQ-Bio. Danach wurde ein erstes Brainstorming in Kleingruppen vor dem Hintergrund der folgenden Fragen initiiert:

- Wie setzen Sie inklusionsorientierte Anteile in der universitären Lehre um?
- Welche Projekte, OERs, Materialien und Publikationen in diesem Feld bestehen bereits?
- Welche Aspekte sollten bei der Entwicklung von OERs zu entsprechenden Themen berücksichtigt werden?
- Welche Bedarfe haben Sie in diesem Bereich? Welche Umsetzungsideen fallen Ihnen ein?

Die Diskussionen und Ergebnisse wurden von den Moderator:innen der Gruppen in einem vorstrukturierten Padlet notiert und in einer Plenumsphase vorgestellt. Abschließend wurden Vernetzungsperspektiven aufgezeigt.

3.2 Teilnehmende

Insgesamt haben 18 Personen von zwölf unterschiedlichen deutschen und österreichischen Hochschulen an dem Round Table teilgenommen. Die meisten Teilnehmenden repräsentierten die Gruppen der Lehrenden (82 %) und der Forschenden (71 %), aber auch Lehrkräfte bzw. Personen aus der schulischen Praxis haben teilgenommen (18 %). Der Grund für die Teilnahme war bei den meisten Personen das Interesse am Thema (78 %) und eigene Lehre mit diesem Schwerpunkt (61 %). Außerdem bestand der Wunsch zur Vernetzung (39 %) sowie bei einigen Teilnehmenden Forschungsaktivitäten in diesem Bereich (11 %).

3.3 Ergebnisse der Kleingruppenarbeit

(A) Vorhandene Erfahrungen und Ressourcen in der inklusiven Biologiedidaktik

Auch wenn von den Teilnehmenden des Round Tables mehrheitlich der Bedarf an inklusivem Lehrmaterial geäußert wurde, so lehren die meisten bereits inklusionsorientierte Inhalte in ihren Lehrveranstaltungen. Ursprung dieser Lehrinnovationen sind in der Regel (drittmittel-)geförderte Forschungsprojekte an den Standorten, deren konkrete Lehrintegration (z. B. PPPs) nur eingeschränkt für Lehrende anderer Standorte verfügbar sind. Für die Lehrveranstaltungen wird teilweise frei verfügbares oder kommerzielles (digitales) Material, wie Unterrichtsvideos, Unterrichtsvorschläge, das NinU-Raster (Stinken-Rösner et al., 2020) oder das erweiterte Modell der didaktischen Rekonstruktion (Basten et al., 2021), genutzt. Von den Teilnehmenden beschriebene Seminarkonzepte beinhalten gemeinsame Lehre mit Lehramtsstudierenden für verschiedene Schulformen sowie mit und ohne sonderpädagogischen Schwerpunkt, da dieser Austausch als besonders fruchtbar angesehen wird. Spezifisch für den Biologieunterricht sind an den verschiedenen Standorten v. a. Ansätze zum inklusiven Experimentieren. Hier bestehen Möglichkeiten des inklusiven Unterrichtens v. a. in der Offenheit und Unterstützung, z. B. durch gestufte Lernhilfen (Großmann & Wilde, 2019). Darüber hinaus wurden erfolgreiche Vorhaben speziell in Bezug auf die Diversitätsfacette Sprache eingesetzt (Lumer & Winter, 2019).

(B) Mangel an Materialien, Konzepten und Hilfestellungen für Dozierende

Trotz vorhandener Erfahrungen und Ressourcen an den einzelnen Standorten wird ein Bedarf nach weiteren Materialien, Konzepten und Hilfestellungen geäußert.

Dies liegt darin begründet, dass die einzelnen Standorte häufig spezielle Facetten des Themas in einzelnen Sitzungen behandeln, Inklusion also nur fragmentarisch integriert wird. Für eine querschnittliche, breiter angelegte Auseinandersetzung bedarf es weiterer, frei verfügbarer Ressourcen, da eine eigenständige Einarbeitung und Entwicklung zeitlich nicht leistbar sind. Es wurde deshalb insbesondere der Wunsch geäußert, Materialien nutzen zu können, die flexibel in bestehende Lehrveranstaltungen eingebunden werden können.

Wichtig zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang auch, dass die Teilnehmenden des Round Tables bereits Vorwissen bzw. ein gewisses Interesse für das Thema mitbringen und somit nicht das Gros der Lehrenden widerspiegeln (Fränkel et al., 2023). Dies zeigt sich in dem geäußerten Problem, dass die Einbindung inklusionsorientierter Inhalte häufig von Einzelpersonen und ihrem persönlichen Engagement abhängt. Als weitere Problematik wird die mangelnde sonderpädagogische Expertise der Lehrenden formuliert, die sowohl von den Lehrenden selbst wahrgenommen als auch von den Studierenden als Bedarf kommuniziert wird. Von den Teilnehmenden des Round Tables wird daher der Wunsch geäußert, dass OER-Material für die biologiedidaktische Lehre nicht nur den weiten Inklusionsbegriff zugrunde legt, sondern auch Inhalte zu sonderpädagogischen Förderschwerpunkten enthält. Darüber hinaus wird der Bedarf nach einer Bündelung bestehender Lehr- und Lernmaterialien zum Thema Inklusion im Fachunterricht deutlich. Insbesondere evaluierte Konzepte, die in der Hochschulbildung entwickelt, getestet und als gemeinsamer und gesicherter Fundus zur Verfügung stehen, werden dabei gefordert.

(C) Nutzung und Gestaltung digitaler Lernmodule

Die Erfahrungen aus der COVID-19-Pandemie haben gezeigt, dass digitale Lernmodule als Ersatz für Präsenzveranstaltungen in der Biologiedidaktik nur begrenzt funktionieren bzw. genutzt werden. Daher wird vorgeschlagen, Lernbausteine flexibel in bestehende Lehrveranstaltungen zu integrieren oder einzelne Videos und Lernaktivitäten in der eigenen Lehre einzusetzen. Teilnehmende betonen, dass das Ansehen von Filmausschnitten und die anschließende Reflexion in Seminaren als besonders erkenntnisreich erlebt werden. Studierende fordern außerdem einen stärkeren Praxisbezug in der Biologiedidaktik, und zwar nicht nur im Hinblick auf die Schulpraxis, sondern auch im Sinne einer interdisziplinären Perspektive. Die Einbindung von Sonderpädagog:innen und anderen relevanten Akteur:innen aus der Bildungspraxis wird als qualitätssteigernd betrachtet und könnte die Teilnahmebereitschaft sowie das Relevanz erleben der Studierenden erhöhen. So wie einerseits eine dezidierte Thematisierung des Lehrens von Biologie für Schüler:innen

mit Förderbedarfen gewünscht ist, wird gleichzeitig darauf hingewiesen, dass bei dem Begriff Inklusion häufig Assoziationen mit dem engen Inklusionsbegriff auftreten. Der weite Inklusionsbegriff (Lindmeier & Lütje-Klose, 2015) sollte aus Sicht der Lehrenden nicht nur als Definition festgesetzt werden, sondern muss auch in den Materialien und der Hochschullehre berücksichtigt werden.

Schließlich wurde auf die Frage hingewiesen, inwieweit die Entwicklung von Materialien bereits inklusiv und partizipativ gestaltet ist. Dies beinhaltet die Einbeziehung verschiedener Perspektiven und Personen, die Sicherstellung der Barrierefreiheit der Materialien und die adäquate Darstellung von Diversität. Darüber hinaus wurde die Frage aufgeworfen, ob unter einem inklusiven Unterricht nicht ein guter oder bedarfsgerechter Unterricht zu verstehen ist, und darauf hingewiesen, die zu entwickelnden Lehrmaterialien nicht mit unnötigen zusätzlichen Fachbegriffen zu überfrachten. Dies geht einher mit den Erfahrungen der Lehrenden, dass Studierende häufig Sorge haben, die zusätzlichen Anforderungen eines inklusiven Unterrichts nicht meistern zu können, auch wenn im Seminar Inklusion theoretisch als bewältigbar erlebt wurde. Es sollten also Bezüge zu anderen pädagogischen und fachdidaktischen Konzepten hergestellt werden, die bereits ohne Verknüpfung zu Inklusion thematisiert wurden oder üblicherweise thematisiert werden.

4 Implikationen für die Entwicklung von Lerneinheiten in BInQ-Bio

Im Folgenden werden die aus der Diskussion resultierenden Implikationen für die Entwicklung entsprechender Lerneinheiten genannt und deren zukünftige Umsetzung im Projekt BInQ-Bio erörtert.

- **Integration vorhandener Ressourcen:** Die bereits vorhandenen Forschungsarbeiten und Ressourcen aus inklusionsorientierten Projekten bieten einen reichen Fundus, der als Grundlage für die Entwicklung der Lerneinheiten dienen soll (u. a. Basten et al., 2021; Ferreira González et al., 2018; Ferreira González et al., 2019; Stinken-Rösner et al., 2024; Wilken & Heuckmann, 2024). Hier wird es darauf ankommen, innerhalb der Lerneinheiten die Lernbausteine und einzelnen Lernaktivitäten so zu gestalten, dass das vorhandene Wissen in gut verdauliche „Learning Nuggets“ aufgebrochen und für die Zielgruppe der Studierenden motivierend gestaltet wird.

- **Inklusive und partizipative Gestaltung:** Der Aspekt der Zugänglichkeit soll im Projekt besondere Aufmerksamkeit erfahren. Deshalb sollen die Lerneinheiten nach Kriterien der Barrierefreiheit gestaltet werden (vgl. Kap. 2). Hierzu gehört u. a. die Einbindung von Videos inklusive Gebärdensprache sowie die Nutzung von barrierearmen Aufgabenformaten in H5P, vorlesbarem Text, Alternativtexten für Abbildungen, Skripte, Untertitel und Audiodeskriptionen. Dies wird durch externe Kooperationspartner:innen (u. a. Kompetenzzentren für Barrierefreiheit) gewährleistet und geprüft. Darüber hinaus wird schon frühzeitig die Perspektive der Studierenden in das Projekt einbezogen, indem Vertreter:innen aus diversen Fachschaften die ersten Entwicklungen begleiten und begutachten. Zudem werden die zentralen Lehrenden der Standorte in die Entwicklung eingebunden.
- **Verzahnung von Theorie und Praxis:** Die Lerneinheiten sollen die Perspektive der Praxis angemessen einbeziehen. Dazu gehört zunächst, die Lerneinheiten nicht mit Fachbegriffen und Theoriemodellen zu überfrachten, wenngleich diese von grundlegender Bedeutung sind. Theoretische Inhalte sollen vor dem Hintergrund von Praxisbeispielen angewendet werden. Die interaktive Gestaltung der Aufgaben ermöglicht es, beispielsweise Videovignetten von Unterrichtssituationen einzubeziehen. Nach bestimmten Schlüsselsituationen kann das Video pausiert und Aufgaben eingeblendet werden, die von den Studierenden gelöst werden müssen (z. B., wie in dieser Unterrichtssituation angemessen reagiert werden könnte). Durch Reflexion und Erarbeiten von exemplarischen, evidenzbasierten Lösungen für die Praxis kann eine Verzahnung von Theorie und Praxis angebahnt werden (Fränkel et al., 2022b).
- **Anschlussfähigkeit:** Die Lernbausteine werden so gestaltet, dass sie anschlussfähig an bestehende Grundlagenvorlesungen und Seminarinhalte in der Biologiedidaktik sind. Auf inhaltlicher Ebene bedeutet das, dass typische Themen biologiedidaktischer Veranstaltungen (z. B. Präkonzepte, didaktische Rekonstruktion, Motivation und Interesse) aufgegriffen und vor dem Hintergrund von Inklusion und Heterogenität ausdifferenziert werden sollen. Auf organisatorischer Ebene sollen die Lernbausteine und Lernaktivitäten so umgesetzt werden, dass sie z. B. als Selbststudium-Einheit vor oder nach Abschluss der jeweiligen Themensitzung oder als Ergänzung der bestehenden Sitzung integrierbar sind.
- **Entlastung von Lehrenden und Studierenden:** Lehrende sollen durch die Lerneinheiten entlastet werden, indem sie die Lernbausteine flexibel in ihre bestehenden Lehrveranstaltungen integrieren können. Eine Lerneinheit zu Grundlagen inklusiver Bildung und den einzelnen sonderpädagogischen Förderschwerpunkten und deren Berücksichtigung im Biologieunterricht soll als Basisinformation für Lehrende und Studierende dienen. Die praxisorientierten

Lerneinheiten sollen Good-Practice-Beispiele für Studierende liefern, die im pädagogischen Alltag realistisch angewendet werden können (z. B. keine dreifache Differenzierung von Materialien, sondern selbstdifferenzierende Angebote oder evidenzbasierte Praktiken wie Mnemonics, die für Schüler:innen mit und ohne Förderbedarf gleichermaßen hilfreich sind) (vgl. zusammenfassend Stinken-Rösner et al., 2024). Gleichzeitig muss der Spagat geleistet werden, sowohl eine weite Perspektive auf Inklusion zu integrieren als auch einzelne Diversitätsfacetten zu betrachten (im Sinne eines moderaten Verständnisses von Inklusion nach Lindmeier & Lütje-Klose, 2015). Durch die Integration von Self-Assessments können Studierende ihren Wissens- und Kompetenzerwerb selbständig prüfen, was die Dozierenden zusätzlich entlasten kann.

- **Qualität gewährleisten:** Nach der ersten Entwicklungsschleife der Lerneinheiten erfolgt eine Usability-Überprüfung mit Studierenden (je Lerneinheit $n = 20-30$). Hierzu werden die an den Standorten entwickelten Lerneinheiten exemplarisch in einzelne Seminare eingebunden. Die Studierenden nutzen das Material und geben den Dozierenden mündlich und schriftlich Feedback bezüglich der Usability und weiteren Überarbeitungsbedarfen. Außerdem werden Personen mit Seh- und Hörbeeinträchtigungen einbezogen, die um eine Evaluation und Feedback zur Usability gebeten werden können. Nach ersten Usability-Modifikationen wird eine standardisierte Teilnehmendenevaluation ($n > 50$) durchgeführt. Hierzu erfolgt die Einbindung der Lerneinheiten in einzelne Vorlesungen. Die Ergebnisse werden zur finalen Optimierung genutzt.

5 Fazit und Ausblick

Der Round Table konnte den großen Bedarf für die Bereitstellung von freien Bildungsmaterialien für die inklusionsorientierte Lehre in der Biologiedidaktik offenlegen. Zwar gibt es bereits vielversprechende (Lehr-)Projekte und engagierte Dozierende, die sehr gewinnbringende Ansätze in ihrer Lehre umsetzen, jedoch mangelt es bisher an einem breiten Wissenstransfer. Diese Lücke kann durch das Projekt BInQ-Bio geschlossen werden, da die Materialien – anders als in bisherigen Projekten – als editierbare OER disseminiert werden. Hierdurch werden qualitativ hochwertige Bildungsinhalte für die Nachnutzung und Integration in bestehende Lehrveranstaltungen frei verfügbar gemacht, die gleichzeitig die Bedarfe aus der Scientific Community berücksichtigen. Weitere Innovationen des Projektes sind

die Barrierefreiheit der Materialien sowie die einfache Integrierbarkeit in bestehende Lehrveranstaltungen.

Zukünftig wäre es überaus begrüßenswert, wenn noch mehr Lehrende hochwertige OER-Materialien, auch zu anderen Themenfeldern, entwickeln und zur freien Nachnutzung bereitstellen würden, sodass eine Kultur des Teilens in der Hochschuldidaktik gängige Praxis wird.

Literatur

- Basten, M., Ferreira González, L., Kaiser, L.-M. & Fränkel, S. (2021). Inklusiver Biologieunterricht – das Potenzial von fachspezifischen Charakteristika für die diversitätssensible kompetenzorientierte Unterrichtsplanung. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Şeremet, C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Sonderpädagogische Förderung heute* (4. Beiheft). Beltz Juventa, 133–146.
- European Agency for Development in Special Needs Education (2012). *Teacher Education for Inclusion. Profile of Inclusive Teachers*. Available at: www.european-agency.org/activities/te4i/profile-inclusive-teachers
- Ferreira González, L., Lichtenberg, D., Schlüter, K. & Hövel, D. (2018). Möglichkeiten der Unterrichtsplanung für inklusive Lerngruppen. In M. Dziak-Mahler, T. Hennemann, S. Jaster, T. Leidig & J. Springob (Hrsg.), *Fachdidaktik inklusiv II. (Fach-)Unterricht inklusiv gestalten – theoretische Annäherungen und praktische Umsetzungen* (Band 10, S. 85–100). Waxmann.
- Ferreira González, L., Hennemann, T. & Schlüter, K. (2019). Teaching Biology Inclusively – a Case Study on How Teachers Perceive an Integrated Approach on Biology and Emotional Learning. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 22(1), 1–25.
- Fränkel, S. (2019). *Beliefs von Lehrkräften zu inklusiver Begabungsförderung im Biologieunterricht*. Dissertation an der Universität Bielefeld. doi.org/10.4119/unibi/2936526
- Fränkel, S., Bornemann, S., Vitt, M., Basten, M. & Ferreira González, L. (2022a). Raum für Inklusion in der ersten Phase der Lehrer:innenbildung? – Eine Modulhandbuchanalyse biologiedidaktischer Studiengänge in Deutschland. *IFO 2022, 35. Jahrestagung der Inklusionsforscher:innen*.

- Fränkel, S., Ferencik-Lehmkuhl, D. & Schroeder, R. (2022b). Wie reflektieren Studienanfänger:innen inklusiven Unterricht? Ergebnisse einer qualitativen Studie zur Reflexionskompetenz von Lehramtsstudierenden. In N. Schaper & C. Vogelsang (Eds.), *Lehrerbildung auf dem Prüfstand: 15. Jahrgang, Heft 1* (2022). Themenheft: Erfassung und Förderung von Reflexionskompetenz in der Lehrerbildung (S. 195–215). Verlag Empirische Pädagogik.
- Fränkel, S., Sterken, M. & Stinken-Rösner, L. (2023). From Barriers to Boosters. Initial Teacher Education for Inclusive Science Education. *Frontiers in Education*, 8:1191619. doi.org/10.3389/educ.2023.1191619
- Frohn, J. & Moser, V. (2021). Inklusionsbezogene Studienanteile in der Lehrkräftebildung: zum Stand der Umsetzung anhand bildungspolitischer Entwicklungen und einer Befragung unter den Lehrkräftebildungszentren in Deutschland. *Zeitschrift für Inklusion*, 15(1), o. S.
- Fühner, L., Ferreira González, L., Weck, H., Pusch, A. & Abels, S. (2022). Das NinU-Raster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts für Lehramtsstudierende. In A. Schröter, M. Kortmann, S. Schulze, K. Kempfer, S. Anderson, G. Sevdiren, J. Bartz & C. Kreutchen (Hrsg.), *Inklusion in der Lehramtsausbildung – Lerngegenstände, Interaktionen und Prozesse* (S. 63–78). Waxmann.
- Großmann, N., Kleinert, S. I. & Basten, M. (2022). Diversitätssensibel und lebens(welt)nah – Fachspezifische Ansätze für eine inklusive Biologiedidaktik. In M. Braksiek, K. Golus, B. Gröben, M. Heinrich, P. Schildhauer & L. Streblov (Hrsg.), *Schulische Inklusion als Phänomen – Phänomene schulischer Inklusion: Fachdidaktische Spezifika und Eigenlogiken schulischer Inklusion* (S. 293–313). Springer VS.
- Großmann, N. & Wilde, M. (2019). Experimentation in biology lessons: guided discovery through incremental scaffolds. *International Journal of Science Education*, 41(6), 759–781. doi.org/10.1080/09500693.2019.1579392
- HRK & KMK (2015). *Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt: gemeinsame Empfehlung von Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz*.
- KMK (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008.
- Lindmeier, C. & Lütje-Klose, B. (2015). Inklusion als Querschnittsaufgabe in der Erziehungswissenschaft. *Erziehungswissenschaft*, 26(51), 7–16.

- Lumer, J. & Winter, K. (2019). Herausforderungen und Chancen einer sprachsensiblen Textarbeit im Biologieunterricht – ein Lehr-Lern-Konzept. In Y. Danilovich & G. Putjata (Hrsg.), *Sprachliche Vielfalt im Unterricht. Fachdidaktische Perspektiven auf Lehre und Forschung im DaZ-Modul* (S. 47–77). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Moser, V. & Kipf, S. (2015). Inklusion und Lehrerbildung – Forschungsdesiderata. In J. Riegert & O. Musenberg (Eds.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 29–38). Verlag W. Kohlhammer.
- Schildknecht, R., Hundertmark, S., Sun, X., Boskany, J., Seremet, V., Nitz, S., Kaurertz, A., Lindmeier, B., Lindmeier, C. & Nehring, A. (2022). Ein kooperatives Seminar zur Vorbereitung von Lehramtsstudierenden der Sonderpädagogik und Studierende des Regelschullehramts Biologie, Chemie und Physik auf gemeinsamen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. *HLZ*, 5(1), o. S.
- Schroeder, R. & Fränkel, S. (2023). Das Kompetenzmodell ITPACK-NW für die inklusive Lehrkräftebildung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *QfI – Qualifizierung für Inklusion. Online-Zeitschrift zur Forschung über Aus-, Fort- und Weiterbildung pädagogischer Fachkräfte*, 5(2). doi.org/10.21248/qfi.121
- 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*, 2020(3). doi.org/10.23770/rt1831
- Stinken-Rösner, L., Schroeder, R. & Fränkel, S. (2024). Teaching Students with Disabilities in Science: Best Practices for Student Success. Book Chapter in J. Bakken (Ed.), *Teaching Students with Disabilities: Best Practices for Student Success* (360–403). Cambridge Scholars Publishing.
- UNESCO (2019). *Recommendation on Open Educational Resources (OER)*. Available at: www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-open-educational-resources-oer
- Wilken, S. & Heuckmann, B. (2024). Diversität beim Unterrichten humanbiologischer Themen mit digitalen Tools begegnen. Ein Lehr-Lern-Labor Konzept zur Förderung der professionellen Kompetenz Studierender im Fach Biologie. In R. Kürten, M. Hammann & G. Greefrath, (Hrsg.) *Lehr-Lern-Labore, Lernwerkstätten und Learning-Center. Ergebnisse zur Qualitätsoffensive Lehrerbildung* (S. 63–78). *Ergebnisse zur Qualitätsoffensive Lehrerbildung*. Waxmann.

Informationen zu den Autor:innen

Silvia Fränkel

Universität zu Köln

silvia.fraenkel@uni-koeln.de

<https://orcid.org/0000-0002-9250-8172>

Benedikt Heuckmann

Universität Münster

benedikt.heuckmann@uni-muenster.de

<https://orcid.org/0000-0001-5008-6031>

Laura Ferreira González

Universität zu Köln

l.ferreiragonzalez@uni-koeln.de

<https://orcid.org/0000-0003-2926-1821>

Moritz Sterken

Käthe-Kollwitz Gesamtschule in Grevenbroich

msterken@online.de

Sarah Wilken

Universität Münster

sarah.wilken@uni-muenster.de

<https://orcid.org/0009-0009-5372-8066>

Melanie Basten

Universität Bielefeld

melanie.basten@uni-bielefeld.de

<https://orcid.org/0000-0001-8983-6549>

Implementation einer biotechnologischen Lehrkräftefortbildung in den Unterricht – welche Einflussfaktoren unterstützen Lehrkräfte bei der Entscheidung?

Zusammenfassung

Lehrkräftefortbildungen (LFB) haben durch Aktualisierung der fachlichen und fachdidaktischen Expertise von Lehrpersonen zum Ziel, fachliche Innovationen schnell in den Unterricht zu überführen. Bei der Wirksamkeitsforschung von LFB steht die Ermittlung von Einflussfaktoren im Vordergrund, um Empfehlungen für zukünftige Konzeptionen abzuleiten. Diese Studie adressiert mögliche Wechselwirkungen von Einflussfaktoren ausgehend von einer LFB zur Biotechnologie und untersucht die Entscheidungsfindung von Lehrkräften in Bezug darauf, Inhalte dieser LFB in den Unterricht zu implementieren. Dazu wurden $N = 39$ Lehrkräfte interviewt, von denen $n = 20$ die Inhalte der LFB implementiert haben. Die qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz ergab, dass weniger die Einflussfaktoren *per se*, sondern deren Einschätzung durch die Lehrkräfte die Entscheidungsfindung beeinflussen. Extrahierte Argumentationsstrukturen basierend auf objektiven Einflussfaktoren führen dadurch zu teilweise gegensätzlichen Schlussfolgerungen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die persönliche Einschätzung von Lehrkräften nicht nur in Bezug auf die LFB, sondern auch darüber hinaus, z. B. auf den Lehrplan, eine fundamentale Rolle bei der Implementation spielen. Folgestudien sollten daher unterschiedliche Einschätzungen und deren Hintergründe berücksichtigen.

Abstract

Teacher training courses make it possible to quickly transfer technical innovations into the classroom by addressing active teachers. Research into the effectiveness of teacher training courses often focuses on identifying success factors in order to derive recommendations for future concepts. This study addresses possible interactions of success factors and examines the decision-making process of teachers to implement the content of a molecular biology training course in the classroom. A total of $N = 39$ teachers were interviewed, of which $n=20$ have implemented. The qualitative content analysis revealed that it was not so much the success factors themselves, but rather their perception that influenced the decision-making process. Extracted argumentation structures based on objective success factors thus lead to partially contradictory conclusions. These results suggest that the personal perceptions of teachers play a fundamental role in implementation, not only in relation to the LFB but also beyond, e. g. to the curriculum. Follow-up studies should take different perceptions into account.

1 Theoretischer Hintergrund

1.1 Biotechnologische Standardmethoden praktisch unterrichten

Der Bereich der Biotechnologie entwickelt sich schnell weiter und hat enorme Auswirkungen auf alle Lebensbereiche wie menschliche Gesundheit, Forensik, Landwirtschaft oder Umwelt (Huang et al., 2018). Lehrkräfte stehen daher vor der Herausforderung, mit diesem schnell wachsenden Wissen Schritt zu halten (Borko, 2004). Dies wird zusätzlich verschärft, weil viele biotechnologische Methoden aufgrund ihrer sozialen Implikationen kontrovers diskutiert werden, wie beispielsweise die m-RNA-Impfstoffe während der COVID-19-Pandemie (Hammann, 2018). Obwohl die Grundlagen wie PCR oder Gelelektrophorese in den deutschen Lehrplan integriert sind, werden sie meist ohne praktische Arbeitsphasen ausschließlich theoretisch vermittelt (u. a. ISB, 2015). Gründe dafür sind v. a. fehlende Ressourcen an Schulen, aber auch geringes Selbstvertrauen der Lehrkräfte sowie fehlendes inhaltliches Wissen (Huang et al., 2018).

Um eine kontinuierliche Aktualisierung der fachlichen und fachdidaktischen Expertise von Lehrkräften zu ermöglichen, können Lehrkräftefortbildungen (LFB)

berufsbegleitend ein wirksames Mittel sein; dies gilt im Sinne des pädagogischen Doppeldeckers insbesondere für Praxiseinheiten (Merchie et al., 2018; Richter & Richter, 2020). Entsprechend müssen Lehrkräfte nicht nur über Fortschritte in der Biotechnologie informiert werden, sondern darüber hinaus die Möglichkeit erhalten, biotechnologische Standardmethoden praktisch in ihren Unterricht einzubetten, indem sie mit den notwendigen Ressourcen ausgestattet werden. Hierbei steht die Wissenschaft in der Verantwortung, die Konzeption und Durchführung von Fortbildungen nach evidenzbasierten Kriterien mitzugestalten (Rzejak & Lipowsky, 2020).

1.2 Lehrkräftefortbildung als Starter für Veränderungsprozesse in Unterricht und Schule

Wirksamen LFB wird großes Potenzial zur Verbesserung der Unterrichtsqualität zugesprochen (Brühwiler et al., 2017). Analog zur Unterrichtsforschung beschreiben Angebots-Nutzungs-Modelle Zusammenhänge von Einflussfaktoren von LFB. Abbildung 1 zeigt diese vereinfacht nach Lipowsky (2020); dieser unterscheidet fünf Ebenen der Wirksamkeit von LFB: (1) positive Reaktion der Lehrkräfte auf die LFB, (2) Erweiterung der Lehrerkognition, (3) Unterrichtsqualität, (4) Effekte auf Schüler:innen, (5) Schulentwicklung (Lipowsky & Rzejak, 2021).

LFB finden in einer multidimensionalen Struktur statt und werden von Faktoren auf verschiedenen Systemebenen beeinflusst, die über die LFB oder den Unterricht selbst hinausgehen (Abb. 1). Die meisten Zusammenhänge möglicher Einflussfaktoren sind noch nicht evidenzbasiert bestätigt, z. B. erlebte Relevanz durch die Lehrkräfte oder der Schulkontext (Rzejak & Lipowsky, 2020). Gleiches gilt für die Darstellung der Wirkungsebenen als hierarchische Kausalkette (Davis et al., 2017). Hier kommt erschwerend die doppelte Kontingenz von Lehr- und Lernprozessen hinzu, weil Lernen nicht stattfindet, nur weil es *könnte* (Baumert & Kunter, 2006).

Einflussfaktoren von LFB, die eine positive Wirkung zeigen:

- Inhaltliche Fokussierung (u. a. Rzejak & Lipowsky, 2020).
- Passung der Inhalte in den schulischen Kontext, Unterrichtsrahmen und Lehrplan (u. a. Gräsel & Parchmann, 2004).
- Adaptivität (u. a. Beerenwinkel & Gräsel, 2005).
- Empfohlene Teilnahme an der LFB mindestens zu zweit (u. a. Vollstädt et al., 2013). Dieser Punkt ist problematisch, da die Teilnahme eingeschränkt werden kann, z. B. Freistellung durch den Schulleiter:innen, Wertschätzung im Kollegium (Richter & Richter, 2020).

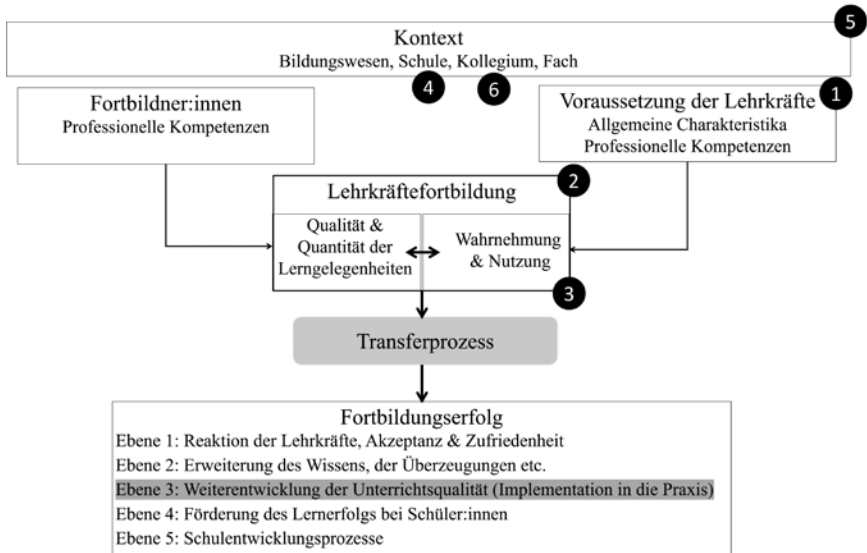


Abbildung 1: Darstellung von Einflussfaktoren im Sinne eines Angebots-Nutzungs-Modells, modifiziert durch die Ebenen des Fortbildungserfolgs, vereinfacht nach Lipowsky (2020). Die Zahlen geben an, auf welche Bereiche dieses Modells sich das deduktive Kategoriensystem dieser Studie bezieht.

- Reihenveranstaltungen statt Einzelveranstaltung, idealerweise mit Feedback- oder Coaching-Strukturen (Lipowsky & Rzejak, 2021). Obwohl die Wirksamkeit einmaliger Angebote angezweifelt wird, gibt es keinen direkten Zusammenhang, dass längere Angebote automatisch bessere Ergebnisse erzielen (Richter & Richter, 2020).
- Didaktischer Doppeldecker: Lehrkräfte können in der LFB in die Rolle des Lernenden wechseln und den Lernerfolg selbst erfahren (Lipowsky & Rzejak, 2021).
- Begleitende Maßnahmen, z. B. Arbeitsblätter (u. a. Blumenfeld et al., 2000).
- Vorhandene Kooperationsstrukturen im Kollegium (Massenkeil & Rothland, 2016).

Auffällig ist, dass von diesen Einflussfaktoren einige schwierig oder gar nicht von einzelnen LFB adressiert werden können. Dazu zählen Persönlichkeitsmerkmale der Lehrkräfte, die meist nur über latente Faktoren, z. B. Jahre im Beruf, erfasst werden. Dabei scheint in der Forschungslandschaft allgemeiner Konsens zu bestehen, dass Überzeugungen und Werthaltungen die Unterrichts-

gestaltung und das Handeln von Lehrkräften beeinflussen (Baumert & Kunter, 2006). Überdies hängt der Implementationsgrad direkt mit der Werthaltung der Lehrkräfte zusammen, die allerdings bei fachlich orientierten LFB selten im Vordergrund steht (Roehrig et al., 2007). Erschwerend kommt hinzu, dass die methodische Evaluation der Ebenen mit steigender Zahl aufwendiger wird, da mehr Kontextbedingungen hinzukommen. Entsprechend enden viele Studien auf Ebene 1 (Reaktion, Abb. 1) und selten auf Ebene 2 (Wissen, Überzeugung, Abb. 1). Trotz einiger unterrichtlicher Videostudien (z. B. Grünkorn et al., 2019) sind Wechselwirkungen und distinktive Zusammenhänge zwischen den Ebenen weiterhin unbekannt. All das zirkuliert um die Kernfrage, wie der Transferprozess (Abb. 1) von LFB in den Unterricht gelingt (Richter & Richter, 2020). Daraus folgt die Frage, wie Lehrkräfte entscheiden, Inhalte aus LFB in ihren Unterricht zu implementieren, und schließt damit an die bereits evaluierten Einflussfaktoren an. Diese Studie greift dieses Desiderat auf und untersucht die Entscheidungsfindung von Lehrkräften, Inhalte einer biotechnologischen LFB im Unterricht zu implementieren (Ebene 2/3).

In diesem Artikel gehen wir zwei Fragestellungen nach:

1. Welche Gründe führen Lehrkräfte für oder gegen die Implementation der biotechnologischen DNA-Untersuchungen im Unterricht an?
2. Inwiefern unterscheiden sich die genannten Beweggründe zwischen Lehrkräften, die sich für bzw. gegen eine Implementation entschieden haben?

2 Untersuchungsdesign & Forschungsmethodik

2.1 LFB-Konzeption: Biotechnologie praxisnah unterrichten

Ausgangspunkt dieser Studie ist eine evaluierte LFB, deren Konzeption bereits berichtet wurde (Großbruchhaus et al., 2024; Nerdel & Schöppner, 2021; Schöppner et al., 2022). Die LFB adressiert Biologielehrkräfte und fokussiert auf Methoden der DNA-Analyse. Thematisch sind die DNA-Analysen in lebensweltliche Kontexte eingebettet, z. B. circadianer Rhythmus. Die LFB wurde speziell für den Lehrplan der Sekundarstufe II konzipiert (ISB, 2015; Nerdel & Schöppner, 2021). Im Anschluss an die LFB können Lehrkräfte notwendiges Equipment für die Durchführung dieser Untersuchungen im Unterricht kostenfrei ausleihen.

Im Rahmen unserer Möglichkeiten haben wir bei der Konzeption aus der Literatur bekannte Einflussfaktoren berücksichtigt: Passung der Inhalte und deren Adaptivität durch inhaltliche, methodische und Schwierigkeitsvarianz, Wiederholungswert der Teilnahme durch verschiedene thematische Schwerpunkte, kostenfreie Ausleihe der Reagenzien und Geräte, um Ressourcenmangel entgegenzuwirken, zusätzliche Unterstützung durch didaktisches Begleitmaterial, u. a. Flowcharts, Fragenkataloge, Videos und Grafiken (s. Abschnitt 1.2).

2.2 Stichprobe

Im Fokus dieser Studie stehen Biologielehrkräfte, die an der biotechnologischen LFB teilgenommen haben (s. 3.1). Das waren zum Zeitpunkt der Studie 289 Lehrkräfte von 98 Schulen (s. 3.3). Von diesen haben 38 Schulen mindestens einmal die DNA-Untersuchungen praktisch im Unterricht umgesetzt, 20 öfter. Basierend auf den unter Abschnitt 1.2 definierten Einflussfaktoren und der unterschiedlichen Intensität der Kooperation während der Implementation ergibt sich eine große Heterogenität dieser Grundgesamtheit. Wir haben die Interviewpartner:innen gezielt ausgewählt, um diese abzudecken (Flick, 2006, S. 73).

1. *Schulform*: Gymnasium, Berufs-/Fachoberschule (BOS/FOS), Realschule
2. *Teilnahme an der LFB*: alleine, mit Kolleg:innen
3. *Implementation der DNA-Untersuchungen*: alleine, mit Kolleg:innen

Die Schulform nahmen wir mit auf, da die Forschung in Bezug auf inhaltlich fokussierte LFB-Angebote eine Verschiebung der Teilnahme zu Gymnasiallehrkräften zeigt (Richter & Richter, 2020).

Teilweise haben wir mehrere Lehrkräfte der gleichen Schule rekrutiert, insb. wenn diese in Bezug auf die Implementation zu unterschiedlichen Entscheidungen kamen. Die Rekrutierung erfolgte per E-Mail und die Teilnahme war freiwillig.

Insgesamt konnten wir $N = 39$ Lehrkräfte für die Studie gewinnen, von denen $n = 20$ implementiert (I-LK) und $n = 19$ nicht implementiert (N-LK) haben. Die heterogene Stichprobe wird in Abb. 2 grafisch dargestellt. Besonders hervorzuheben sind zwei Erweiterungen unseres Konzepts in der Schulpraxis, die wir nicht initiiert haben: (1) Lehrkräfte haben implementiert, obwohl sie vorher nicht an der LFB teilgenommen haben. (2) Durchführung von schulinternen LFB, die von Teilnehmenden der LFB für ihre Kolleg:innen gehalten werden.

Hauptkategorien lauten: Personenmerkmale, LFB, Innovation (biotechnologische DNA-Untersuchungen), Schulorganisation, System, Kooperation und Dissemination. Sie sind im modifizierten Angebots-Nutzungs-Modell in Abb. 1 mit schwarzen Zahlen markiert. Dissemination wird in dem Modell nicht mit abgedeckt und bezieht sich auf die Verbreitung von Informationen über Systeme hinaus, z. B. fächerübergreifend oder Personen. Die Intercodierung erfolgte bei 30 % des Materials, entspricht zwölf von 39 Interviews, und ergab einen $\kappa = 0,89$ bei der Bestimmung in MAXQDA nach Codeabdeckung.

4. Quantitative Analyse der deduktiven Codierung aufgrund der umfassenden Stichprobe und des großen Kategoriensystems: (I) Häufigkeit der Segmente, d. h. Sinnabschnitte der Aussagen von Lehrkräften, innerhalb der Kategorien. (II) Codebeziehungen zur Erkennung von argumentativen Überschneidungen zwischen Kategorien.
5. Induktive Analyse der Kategorien mit größten Gruppenunterschieden (Implementierer, I-LK; Nicht-Implementierer, N-LK).

In diesem Beitrag konzentrieren wir uns auf die Ergebnisse der induktiven Analyse der vier Hauptkategorien mit den größten Nennungsunterschieden zwischen I-LK und N-LK: LFB, Innovation, Systemmerkmale, Kooperation.

3 Forschungsergebnisse

3.1 Gründe für oder gegen die Implementation

Für die erste Forschungsfrage haben wir die Häufigkeiten innerhalb der gewählten Kategorien untersucht. Insgesamt codierten wir 1.818 Segmente: I-LK $M = 60$, $SD = 17$; N-LK $M = 50$, $SD = 14$. Abb. 3 zeigt, dass es bei den Nennungen große Unterschiede in den Kategorien gibt, wobei Innovation am häufigsten und Dissemination am seltensten vorkommt.

Aus der Kombination der Häufigkeitsanalyse und der Codebeziehungen, d. h. welche Codes häufig zusammen genannt werden, ergab sich, dass I-LK häufiger über Kooperation und Innovation argumentieren, während N-LK sich bei ihrer Begründung häufiger auf das System und die LFB beziehen. Bei der induktiven Codierung dieser vier Kategorien entstanden 70 neue Subkategorien mit unterscheidbaren Argumenten für oder gegen die Implementation. Subkategorien der ersten Ordnung und ihre Hauptmerkmale werden in Tabelle 1 dargestellt.

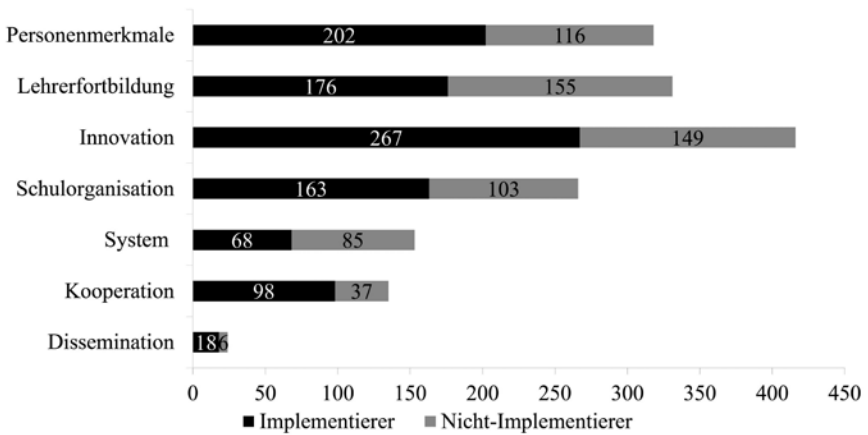


Abbildung 3: Darstellung der absoluten Häufigkeiten der Nennungen in den Hauptkategorien getrennt nach I-LK und N-LK; Personenmerkmale (Nges = 318), Lehrerfortbildung (Nges = 331), Innovation (Nges = 416), Schulorganisation (Nges = 266), System (Nges = 153), Kooperation (Nges = 135) und Dissemination (Nges = 24).

Tab. 1: Ergebnis der induktiven Erweiterung der Hauptkategorien

Kategorie	Codes	Anmerkung
System	163	
Zeit	56	Beide Gruppen erkennen an, dass Zeit knapp ist.
Lehrplan	41	Beide Gruppen erkennen an, dass die Module in den Lehrplan passen, aber dass dieser sehr vollgepackt ist.
Passende Klasse	25	In beiden Gruppen gibt es Lehrkräfte, bei denen die passende Klasse unterrichtet werden muss für die Implementation. Allerdings finden sich I-LK, die unabhängig von einer eigenen Klasse implementieren.
Schüler:innen/Kurs	13	Für N-LK ist der Betreuungsschlüssel ein unüberwindbares Hindernis, während I-LK verschiedene Lösungsstrategien entwickeln.

<i>Kategorie</i>	<i>Codes</i>	<i>Anmerkung</i>
Schüler:innen-Interesse	16	I-LK sind sich einig, dass Schüler:innen an den Methoden und Themen Interesse haben, während manche N-LK das anzweifeln.
<i>Lehrkräftefortbildung*</i>	645	
Praktisches Arbeiten	68	(Fast) alle sind sich einig, dass praktisches Arbeiten sinnvoll ist.
Kritik	8	Vier N-LK empfinden die LFB als zu schnell, intensiv und als Werbung (Stichwort: Ausleihe).
sehr gut	112	Insgesamt sind sich alle einig, dass die LFB sehr gut konzipiert, organisiert ist und in angenehmer Atmosphäre durchgeführt wurde.
Fachinhalt	19	Beide Gruppen äußern Begeisterung zu der hohen fachlichen Tiefe.
<i>Innovationsgegenstand</i>	483	
Aufwand	14	Beide Gruppen empfinden die Implementation als aufwändig.
Ausleihe	53	I-LK betonen, dass die Ausleihe eine einmalige Möglichkeit ist, die genutzt werden muss, während N-LK die Ausleihe als Hinderungsgrund nennen.
Evaluation	4	Zwei I-LK überprüfen die Wahrnehmung der Schüler:innen von der Praxiseinheit mit Feedback.
Flankierende Maßnahmen	128	Beide Gruppen äußern sich positiv über das umfangreiche Begleitmaterial. Allerdings wünschen sich N-LK mehr Material auf Schüler:innen-Niveau, während I-LK diese Anpassung als ihre eigene Aufgabe wahrnehmen.
Beurteilung durch die Lehrkraft	240	Insgesamt ergibt sich hier eine Schere zwischen I-LK und N-LK. Erstere betonen die Praxis und Lehrplanpassung, während Letztere die Komplexität und Stress betonen.
<i>Kooperation</i>	154	
keine	22	In beiden Gruppen gibt es Fälle ohne Kooperation.

<i>Kategorie</i>	<i>Codes</i>	<i>Anmerkung</i>
gewünscht / geplant	21	In beiden Gruppen gibt es den Wunsch nach oder Pläne für Kooperation.
Ko-Konstruktion	23	Nur I-LK entwickeln gemeinsam Material für die Implementation.
Synchronisation	26	Nur I-LK passen die Implementation über ihre Klassen hinweg aneinander an.
Austausch	24	In beiden Gruppen findet Austausch über die Inhalte der LFB statt.

Die Tabelle zeigt nur Subkategorien der ersten Ordnung.

*Die Analyse bezieht sich auf die Unterkategorie *Beurteilung durch Lehrkräfte*, die bereits im deduktiven Kategoriensystem vorlag und der Grund für die Gruppenunterschiede ist.

Tabelle 1 macht deutlich, dass an vielen Punkten zwischen I-LK und N-LK Einigkeit herrscht, v. a. bei Lehrplanpassung und knapper Zeit:

„Das Problem ist ein grundsätzliches: Die Oberstufe [ist] so überfrachtet, dass man so wenig Zeit hat in allen Fächern, um so tolle Sachen eigentlich zu machen.“

Entsprechend ist es besonders bemerkenswert, dass sich die Entscheidung der Lehrkräfte in Bezug auf die Implementation unterscheidet.

3.2 Gruppenunterschiede – eine Frage der Beurteilung

Im Fokus der Implementation steht die praktische Umsetzung von biotechnologischen DNA-Untersuchungen im Unterricht. In dem Zusammenhang nennen alle Lehrkräfte ähnliche Einflussfaktoren. Im Folgenden zeigen wir beispielhaft, warum weniger der Einflussfaktor selbst, sondern vielmehr dessen Beurteilung durch die Lehrkraft entscheidend ist.

Beurteilung der praktischen Arbeit.

„Das Machen, das finde ich jetzt eher eine total langweilige Sache.“

„Das sind keine kleinen bunten Scheren oder so etwas, sondern das ist einfach eine farblose, eigentlich langweilige Flüssigkeit. Dieser Aha-Effekt [...] ist Bombe.“

Aufwand

„Bei uns war es ein Fachschaftsentschluss, dass [wir] gesagt haben, okay, nein, [wir] möchten das nicht machen, [weil] es zu viel Aufwand darstellt.“

„[Der] Aufwand, ist halt der ideale Rahmen, um unseren Schülern innerhalb [der] Projektzeit einfach das zu bieten.“

Abholung des Equipments

„Also, da wäre mir der Organisationsaufwand zu viel. Ich meine, es ist super, dass Sie die Materialien stellen und vorbereiten, aber also, ja, für mich wäre das zu viel, dann noch zur Uni zu fahren im Grunde, weil ich einen weiteren Anreiseweg habe.“ (Im ÖNV, 25 Minuten Autofahrt; Anm. der Autorinnen)

„Wobei sag ich jetzt, wenn ich das einmal im Jahr für die Schüler hole, ist jetzt auch nicht so tragisch, finde ich jetzt.“ (120 Minuten Autofahrt; Anm. der Autorinnen)

Passende Klasse

„Man hat irgendwie alle zwei Jahre mal so ein Thema und [...] das ist dann jedes Mal so, als wäre es wieder ganz neu.“

„Ich hatte zu der Zeit gar keine 11. Klasse. Ich habe also quasi die von den Kollegen genommen.“

Lehrplan(passung)

Die passende Klasse wird durch den Lehrplan vorgegeben. Der bayrische Lehrplan präsentiert eine variable Reihenfolge von Themenblöcken pro Jahrgangsstufe.

„Dann ist es so, dass man Gentechnik erst im Juli macht. Da ist man auch einfach als Lehrer schon so ein bisschen durch und hat nicht mehr so viel Energie, um so etwas Aufwendiges durchzuführen [...].“

„Der Elfer-Lehrplan ist da ja relativ frei, wann Sie das Kapitel Molekulargenetik durchführen.“

Diese Beispiele zeigen, dass bei der Argumentation v. a. die individuelle Beurteilung des Einflussfaktors entscheidet.

4 Diskussion

Mit der vorliegenden Studie wurde die Argumentation von Lehrkräften für oder gegen eine Implementation biotechnologischer DNA-Untersuchungen in den Unterricht untersucht. Dabei fanden wir ein Geflecht aus bekannten Einflussfaktoren, z. B. Zeitmangel und Lehrplanpassung (u. a. Gräsel & Parchmann, 2004; Vollstädt et al., 2013). Bemerkenswert ist, dass die Nennungen der Einflussfaktoren zwischen I-LK und N-LK beinahe gleichermaßen auftreten (s. Abb. 2), sofern man berücksichtigt, dass I-LK insgesamt mehr Aussagen trafen. I-LK argumentieren jedoch häufiger über die Möglichkeit der Innovation (DNA-Untersuchungen im Biologieunterricht) und Kooperation, während N-LK häufiger Gründe im System und der LFB nutzen.

Aus vorangegangenen Untersuchungen ist bekannt, dass der Implementationsgrad direkt mit der Werthaltung der Lehrkräfte zusammenhängt (Roehrig et al., 2007). Die hier vorliegenden Daten bestätigen das nicht nur, sondern verdeutlichen, wie grundlegend die Beurteilung eines Einflussfaktors die Entscheidungsfindung formt. Entsprechend ist fragwürdig, ob sich Einflussfaktoren überhaupt als Prädiktoren für Implementation von LFB-Inhalten generalisieren lassen. Welche Werthaltung und Einstellungen zum professionellen Verständnis nach Baumert & Kunter (2006) im Detail zugrunde liegen, können wir nicht abschließend beurteilen, weil dieses hier nicht Gegenstand der Untersuchung waren. Die Datenlage eröffnet jedoch umfassende Möglichkeiten, hier mit Forschung zu entsprechenden Handlungsmodellen anzuknüpfen, z. B. (Weidenhiller, 2018).

Gleichwohl konnten wir für die zweite Forschungsfrage aufzeigen, dass ein hohes Abstraktionsniveau der Einflussfaktoren, z. B. voller Lehrplan, Abholung des Equipments, individuelle Urteile in den Hintergrund stellt. Entsprechend können gleiche Begebenheiten zu völlig anderen Entscheidungen führen, wie beispielsweise der Fahrtweg zur Abholung des Equipments demonstrierte (120 min = nah → Abholung erfolgt, 30 min = zu weit → Abholung wird abgelehnt).

Insgesamt leisten unsere Ergebnisse einen wichtigen Beitrag zur aktuellen Wirksamkeitsforschung von LFB, weil unsere Daten darauf hindeuten, dass Lehrkräfte

andere Entscheidungen treffen, obwohl vergleichbare Einflussfaktoren vorliegen. Entsprechend wirkt diese LFB unterschiedlich auf Lehrkräfte in Abhängigkeit von ihren motivationalen, kognitiven und persönlichkeitsbezogenen Voraussetzungen (Rzejak & Lipowsky, 2020), die hier nicht weiter untersucht wurden. Welche Voraussetzungen im Detail für die beschriebenen Unterschiede verantwortlich sind, müssen in Folgestudien analysiert werden.

Zusätzlich gewannen wir Einblicke in die Wechselwirkungen der von Lipowsky (2020) postulierten Wirkungsebenen. Die Selbstberichte der I-LK implizieren, dass die zweite (Kognition) und dritte (unterrichtliches Handeln) Modellebene nicht als kausale Kette zusammenhängen, sondern sich wechselseitig bedingen, wobei die Kognition durch das Handeln verändert werden kann. Das ist im Einklang mit der Empfehlung, LFB-Konzeptionen zu wählen, bei denen Lehrkräfte die Möglichkeit bekommen, im Unterricht zu üben (Schrader & Hasselhorn, 2020). Allerdings scheint unter bestimmten Bedingungen das Üben ohne Expert:innenfeedback für eine Kognitionsveränderung auszureichen, da erneute Implementationen ohne zwischenzeitige wiederholte Teilnahme an der LFB stattfanden. Diese Erkenntnisse sind unter den Limitationen dieser Studie zu betrachten, v. a. der Stichprobe (39 Biologie-Lehrkräfte) sowie der gewählten Erhebungsmethode (Selbsteinschätzung) und ihrem thematischen Rahmen (biotechnologische DNA-Untersuchungen praktisch durchführen).

Obwohl schon lange angenommen wird, dass spezifische Wertpräferenzen Auswirkungen auf das Handeln von Lehrkräften haben, stehen diese selten im Fokus der Forschung (Baumert & Kunter, 2006). Vorangegangene qualitative Studien konnten zeigen, dass das konzeptuelle Fachwissen von Lehrkräften erheblich variiert (Baumert & Kunter, 2006). Auch unsere Daten deuten darauf hin, weil I-LK die LFB-Inhalte eher als *einfach*, während N-LK diese als *komplex* wahrnehmen. Gleiches zeigt sich im Bezug auf die Selbstwirksamkeit, da sich N-LK von fehlender *Routine* hemmen lassen, während I-LK darauf vertrauen, dass diese kommt, sobald sie die molekularbiologischen Untersuchungen durchführen. Bisher stehen bei der Wirksamkeitsforschung von LFB die Ermittlung von Einflussfaktoren im Vordergrund, um allgemeingültige Empfehlungen für zukünftige Konzeptionen abzuleiten. Im Kontext dieser Studie dürfen wir anzweifeln, dass das Berichten von Einflussfaktoren auf einem zu hohen Abstraktionsniveau zielführend ist. Vielmehr ist deren Beurteilung durch die Lehrkräfte ausschlaggebend. Somit können notwendige Bedingungen, z. B. das Unterrichten einer passenden Klasse, nur zu hinreichenden Bedingungen werden, wenn andere, z. B. Praxiserfahrung für Schüler:innen schaffen, diese übertrumpfen.

Folgestudien zur Implementation sollten sich entsprechend weniger auf die Identifikation von Einflussfaktoren fokussieren, sondern stärker darauf, wie diese

von den Lehrkräften gewichtet werden und welche Werthaltungen hinter diesen individuellen Priorisierungen liegen.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Beerenwinkel, A. & Gräsel, C. (2005). Texte im Chemieunterricht: Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 11, 21–39.
- Blumenfeld, P., Fishman, B. J., Krajcik, J., Marx, R. W. & Soloway, E. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, 35(3), 149–164.
- Borko, H. (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. *Educational Researcher*, 33(8), 3–15. <https://doi.org/10.3102/0013189X033008003>
- Brühwiler, C., Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2017). Determinanten der Schulleistung. In M. K. Schweer (Ed.), *Lehrer-Schüler-Interaktion* (pp. 291–314). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15083-9_13
- Davis, E. A., Palincsar, A. S., Smith, P. S., Arias, A. M. & Kademian, S. M. (2017). Educative curriculum materials: Uptake, impact, and implications for research and design. *Educational Researcher*, 46(6), 293–304.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2020). Transkription. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie: Band 2: Designs und Verfahren* (2., erw. u. überarb. Auflage 2020, pp. 835–854). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26887-9_56
- Flick, U. (2006). *Qualitative Sozialforschung* (4th ed.). Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196–214. <https://doi.org/10.25656/01:5813>
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2024). Implementation Processes: Sustainable Integration of Biotechnology Experiments into Schools. In: Korfiatis, K., Grace, M., Hammann, M. (eds) *Shaping the Future of Biological Education Research. Contributions from Biology Education Research*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44792-1_24

- Grünkorn, J., Klieme, E. & Stanat, P. (2019). Bildungsmonitoring und Qualitätssicherung. In O. Köller, M. Hasselhorn, F. W. Hesse, K. Maaz & J. Schrader (Eds.), *UTB Pädagogik: Vol. 4785. Das Bildungswesen in Deutschland: Bestand und Potenziale* (pp. 263–282). Verlag Julius Klinkhardt.
- Hammann, M. (2018). Biotechnology. In K. Kampourakis & M. J. Reiss (Eds.), *Teaching and learning in science series. Teaching biology in schools: Global research, issues, and trends* (1. Auflage, pp. 192–203). Routledge Taylor & Francis Group.
- Huang, A., Nguyen, P. Q., Stark, J. C., Takahashi, M. K., Donghia, N., Ferrante, T., Dy, A. J., Hsu, K. J., Dubner, R. S., Pardee, K., Jewett, M. C. & Collins, J. J. (2018). Biobits™ Explorer: A modular synthetic biology education kit. *Science Advances*, 4(8), eaat5105. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat5105>
- ISB (Ed.). (2015). LehrplanPLUS: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung [special issue], 2015. https://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium/inhalt/fachlehrplaene?w_schulart=gymnasium&wt_1=schulart
- Kuckartz, U., Dresing, T., Rädiker, S. & Stefer, C. (2008). *Qualitative Evaluation: Der Einstieg in die Praxis* (2., aktualisierte Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-91083-3>
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2020). Was macht Fortbildung für Lehrkräfte erfolgreich? – Ein Update. In B. Groot-Wilken & R. Koerber (Eds.), *Beiträge zur Schulentwicklung. Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer: Ideen, Entwicklungen, Konzepte* (pp. 15–56). wbv.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). Welche Art von Fortbildung wirkt? *Was Lehrkräfte Lernen Müssen – Bedarfe Der Lehrkräftefortbildung in Deutschland, Netzwerk Bildung – Friedrich Ebert Stiftung*, 19–38.
- Massenkeil, J. & Rothland, M. (2016). Kollegiale Kooperation im Lehrerberuf. *Überblick und Systematisierung Aktueller Forschung. Schulpädagogik Heute*, 7(13), 1–28.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Beltz. http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/1875625
- Merchie, E., Tuytens, M., Devos, G. & Vanderlinde, R. (2018). Evaluating teachers' professional development initiatives: towards an extended evaluative framework. *Research Papers in Education*, 33(2), 143–168. <https://doi.org/10.1080/02671522.2016.1271003>

- Nerdel, C. & Schöppner, P. (2021). Evaluation einer Lehrerfortbildung zum praktischen Einsatz von biotechnologischen Methoden im Unterricht. In S. Kapelari, A. Möller & P. Schmiemann (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik: Band 9. „Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen“: Internationale Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO und der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Wien 2019* (pp. 292–305). StudienVerlag.
- Richter, E. & Richter, D. (2020). Fort- und Weiterbildung von Lehrpersonen. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Eds.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (pp. 345–353). utb GmbH.
- Roehrig, G. H., Kruse, R. A. & Kern, A. (2007). Teacher and school characteristics and their influence on curriculum implementation. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44(7), 883–907.
- Rzejak, D. & Lipowsky, F. (2020). Fort- und Weiterbildung im Beruf. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Eds.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (pp. 644–651). utb GmbH.
- Schöppner, P., Großbruchhaus, S. & Nerdel, C. (2022). *Biotechnologie praxisorientiert unterrichten. Aktuelle Kontexte für Schule und Lehrerfortbildung*. Springer.
- Schrader, J. & Hasselhorn, M. (2020). Implementationsforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 23(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11618-020-00929-x>
- Vollstädt, W., Tillmann, K.-J., Rauin, U., Höhmann, K. & Tebrügge, A. (2013). *Lehrpläne im Schulalltag: eine empirische Studie zur Akzeptanz und Wirkung von Lehrplänen in der Sekundarstufe I* (Vol. 18). Springer-Verlag.
- Weidenhiller, P. (2018). *Inklusion in der Lehrerbildung in Bayern – eine vergleichende empirische Studie zu Einstellung und Selbstwirksamkeitsannahmen von Studierenden des gymnasialen und beruflichen Lehramts*. <https://mediatum.ub.tum.de/1446536>

Informationen über die Autor:innen

Sara Großbruchhaus

Technische Universität München, TUM School of Social Sciences and Technology,
 Professur für Fachdidaktik Life Sciences
sara.grossbruchhaus@tum.de
<https://orcid.org/0000-0003-4355-5877>

Patricia Schöppner

Technische Universität München, TUM School of Social Sciences and Technology,
Professur für Fachdidaktik Life Sciences
patricia.schoeppner@tum.de

Claudia Nerdel

Technische Universität München, TUM School of Social Sciences and Technology,
Professur für Fachdidaktik Life Sciences
Claudia.nerdel@tum.de
<https://orcid.org/0000-0003-1170-8875>

Synoptischer Wissenstransfer (Two-Eyed Seeing) – ein Ansatz, um medizinische Themen in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren.

Zusammenfassung

Medizinische Themen werden als Socioscientific Issues im naturwissenschaftlichen Unterricht immer noch unterschätzt. Sie spielen im Leben der zukünftigen Bürger:innen eine wichtige Rolle und erhöhen gleichzeitig die Motivation für das naturwissenschaftliche Lernen für viele Schüler:innen, insbesondere auch für Mädchen. In diesem Artikel wird ein didaktischer Ansatz beschrieben, der geeignet ist, medizinische Themen angemessen in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. Es wird vorgeschlagen, ihn als synoptischen Wissenstransfer (in Anlehnung an die Philosophie von Wilfrid Sellars) oder als Two-Eyed Seeing (in Anlehnung an einen indigenen Ansatz aus Kanada) zu bezeichnen. Der Beitrag stellt eine qualitative Studie mit Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften vor, in der dieser Ansatz im Sinne der partizipativen Praxisforschung erprobt und weiterentwickelt wurde.

Abstract

Medical topics are still underestimated as socio-scientific issues in science education. They play an important role in the lives of future citizens and at the same time increase the motivation for science learning for many students, especially girls. In this article, we propose a didactic approach that is suitable for integrating

medical topics appropriately into science lessons. We call it synoptic knowledge transfer (based on the philosophy of Wilfrid Sellars) or two-eyed seeing (based on an indigenous approach from Canada). The article presents a qualitative study with student teachers of natural sciences in which this approach was tested and further developed in the sense of participatory action research.

1 Theoretischer Hintergrund

1.1 Medizin und Science|Environment|Health

Science|Environment|Health ist eine neue Naturwissenschaftspädagogik, die die Vision verfolgt, den wechselseitigen Nutzen zwischen den drei Bildungsbereichen Naturwissenschaftsbildung, Umweltbildung und Gesundheitsbildung zu fördern (Zeyer & Kyburz-Graber, 2012). Medizinische Kontexte im naturwissenschaftlichen Unterricht (NWU) werden bisher unterschätzt. Anders als klassische naturwissenschaftliche Themen (der Inbegriff z. B.: die Physik der Planetenbewegungen) verlangen sie nach einem neueren Konzept von Scientific Literacy als dem klassischen, wie es z. B. im PISA-Projekt 2006 verwendet wurde, und das in der Naturwissenschaftsdidaktik sehr verbreitet ist (Bybee, 2012). Der Kern solcher Konzepte wird durch wissenschaftliche Kompetenzen definiert. Danach muss eine wissenschaftlich gebildete Person in der Lage sein, wissenschaftliche Fragestellungen zu erkennen, Phänomene wissenschaftlich zu erklären und sich dabei auf wissenschaftliche Evidenz zu verlassen (Bybee, 2012). Bei medizinischen Fragestellungen reicht dieser Ansatz aber oft nicht aus. Zwar sind diese Elemente zentral wichtig, aber es fehlt ein zusätzliches interpretatorisches Element, das nur durch die Betroffenen aus ihrem ganzheitlichen Kontext heraus beigesteuert werden kann (Gerber & Kraft, 2014).

In den letzten zehn Jahren sind daher Stimmen lauter geworden, die einen holistischen Ansatz für Science|Environment|Health fordern. Aber was genau könnte Holismus im Sinne dieses Ansatzes sein? Und insbesondere: Wie kann ein ganzheitlicher Zugang in Science|Environment|Health integriert werden, ohne den Bezug zu fundierten wissenschaftlichen Überlegungen zu verlieren?

1.2 Der Ansatz des synoptischen Wissenstransfers (Two-Eyed Seeing)

Wir haben vorgeschlagen, dass das Sellars'sche Konzept der *Synoptic View* (Sellars, 1962), wie es in letzter Zeit von Esfeld (2020) ausgearbeitet wurde, einen philosophischen Hintergrund für diese Schwierigkeiten bieten könnte (Zeyer et al., 2023). Wir wiesen auch darauf hin, dass ein ähnliches Konzept seit mehr als zehn Jahren im kanadischen Wissenschaftsunterricht mit indigenen Schüler:innen verwendet wird, und dort *Two-Eyed Seeing* (Bartlett et al., 2012) genannt wird. Abb. 1 zeigt ein Modell unseres Ansatzes des synoptischen Wissenstransfers, angelehnt an die Philosophie von Sellars und die indigene Weisheit des Two-Eyed Seeing (Zeyer et al., 2023). Im Folgenden werden wir jeweils von synoptischem Wissenstransfer/Two-Eyed Seeing (SWT/TES) sprechen, um die doppelte Herkunft zu betonen.

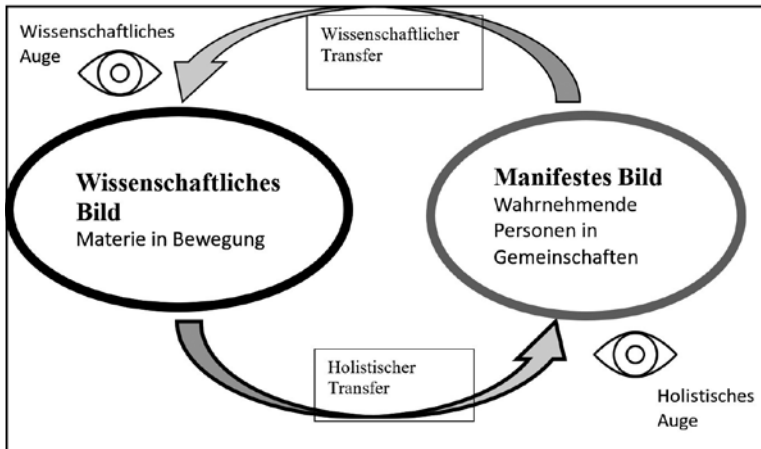


Abbildung 1: Das ontologische Modell des synoptischen Wissenstransfers (Two-Eyed Seeing) (nach Zeyer, 2022)

Der Ansatz des SWT/TES beruht auf drei fundamentalen Ideen, zwei von Sellars und eine zentrale aus dem indigenen TES. Die *erste Idee* von Sellars sagt, dass sich uns die Welt, wie sie ist, nicht unmittelbar erschließt, sondern dass wir sie gewissermaßen mit zwei Augen sehen, einem wissenschaftlichen und einem holistischen Auge (synoptic view). Das ergibt zwei Bilder „der Welt“, die sich konkurrenzieren und gleichzeitig gegenseitig ergänzen. Das eine Bild nennt Sellars naheliegender-

weise das wissenschaftliche Bild. Das andere bezeichnet er nicht als holistisches Bild (was durchaus möglich wäre), sondern als manifestes Bild, um die Nähe dieses Bildes zur direkten, sinnlichen Wahrnehmung zu betonen. Sellars' *zweite fundamentale Idee* ist, dass die Komplementarität der beiden Bilder nicht auf der epistemologischen Ebene (d. h., was man wissen kann), sondern auf der ontologischen Ebene (d. h., was ist) angesiedelt ist.

Das wissenschaftliche Bild ist aus Dingen aufgebaut, die in erster Linie durch ihre relativen Positionen zueinander charakterisiert sind (d. h. relative Distanzen, angegeben durch Zahlen). Das Ziel und die Stärke des wissenschaftlichen Bildes sind es, diese relativen Positionen zu erklären und ihre Veränderung vorherzusagen. Das wissenschaftliche Bild ist also atomistisch, quantitativ, erklärend und prädiktiv.

Die Grundbausteine des manifesten Bildes sind Personen. Sie sind durch soziale Beziehungen in einer Gemeinschaft charakterisiert. Um diese Relationen zu beschreiben, benutzen wir Sinneserfahrungen, Qualitäten (schön, gefährlich, wichtig etc.) und Normen (Rechte und Pflichten), die als ganzheitlich im Sinne eines perzeptiven oder lebensweltlichen Holismus aufgefasst werden. Das manifeste Bild ist holistisch, qualitativ, interpretierend und adaptiv.

Im Ansatz des SWT/TES geht es um einen kontinuierlichen und systematischen Transfer zwischen den zwei Bildern, der darauf abzielt, diese übereinanderzulegen, um ein tieferes, besseres Bild zu erhalten (Abbildung 1).

Dieser Ansatz bildet die Grundstruktur der Socioscientific Issues direkt ab, verbindet er doch ein reduktionistisches, wissenschaftliches Bild mit holistischen, sozialen Bildern auf Augenhöhe. Das wird beim indigenen Ansatz des TES besonders deutlich. Danach wird als *dritte Grundidee* des SWT/TES die sogenannte C4-R4-Philosophie vorgeschlagen, die besagt, dass der Austausch von Wissen und das gegenseitige Verständnis ein gleichberechtigter, gemeinschaftlicher Prozess sind. C4 steht für Co-learning, Co-designing, Co-creating und Co-sharing, während R4 für gute Beziehungen (Relations) steht, die auf Respekt (Respect), Verantwortung (Responsibility) und Gegenseitigkeit (Reciprocity) basieren und die Grundlage für den Austausch auf Augenhöhe bilden (Hogue & Provost, 2023).

2 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war es, das Modell des SWT/TES in einem Kurs mit Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften zu testen und es zu einem didaktischen Modell für den Ansatz des SWT/TES im naturwissenschaftlichen

Unterricht weiterzuentwickeln. Es scheint wichtig, in diesem Zusammenhang den Pilotcharakter der vorliegenden Untersuchung zu betonen. Das Konzept des SWT/ TES wurde im Rahmen von Science|Environment|Health vorwiegend aus konzeptionellen Überlegungen heraus entwickelt. Im hier beschriebenen Forschungsprojekt wurde es zum ersten Mal in einem praktischen, partizipativen Rahmen angewendet.

3 Methode

3.1 Partizipative Praxisforschung

Ausgehend vom ontologischen Modell des SWT/ TES (Abb. 1) wurden erste Schritte unternommen, eine Heuristik für das SWT/ TES im naturwissenschaftlichen Unterricht zu entwickeln – ein Instrument für Lehrpersonen zur Vorbereitung, Anleitung und Bewertung von Unterricht. Dazu schien partizipative Praxisforschung angemessen. Diese Art der Forschung sollte konzeptionelle Verfeinerung und theoretischen Fortschritt bringen und den Studierenden Gelegenheit zur Reflexion über den Unterricht und ihre zukünftige Rolle bieten. In der Literatur gibt es ein Spektrum von Aktionsforschungstypen. Die präsentierte Forschung wird oft als interaktive oder partizipative Praxisforschung bezeichnet (vgl. Laudonia et al., 2017).

3.2 Setting

Die Studie fand in einem Einführungskurs für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften an einer Pädagogischen Hochschule statt. Die Studierenden arbeiteten in Gruppen, um Miniaturen vorzubereiten, und führten diese mit ihren Kommiliton:innen durch. Miniaturen sind eine Form des Micro-Teachings, kombiniert mit Vorbereitungs- und Bewertungssequenzen (Zeyer & Welzel, 2006). SWT/ TES wurde als Heuristik für diese Intervention verwendet.

Es nahmen 67 Studierende teil: 29 weiblich, 38 männlich, Durchschnittsalter 24 Jahre. Die Studierenden wurden auf drei parallele Kurse aufgeteilt: zwei mit 24 und einer mit 19 Studierenden, jeweils zwölf Wochen lang. Sie arbeiteten in Zweier- oder Dreiergruppen und wählten ein Thema für ihre Miniatur. Insgesamt entstanden 23 Miniaturen (vgl. Tab. 1).

Die Themen mussten interdisziplinär (Biologie und Physik) und auf drei Bereiche beschränkt sein: Blut und Blutdruck, Gehör und Akustik sowie Bewegungsapparat und Mechanik. Das war durch den Stoffplan des Moduls vorgegeben.

3.3 Datenerhebung

Im Verlauf von zwölf Wochen wurden alle verfügbaren Daten erhoben. Dazu gehörten die teilnehmende Beobachtung des Kursleiters, seine Protokolle, die Sammlung von Dokumenten über den Unterricht der Studierenden und die von den Studierenden eingereichten Abschlussreflexionen (Moser, 2007). Protokolle wurden verwendet, um Handlungsabläufe aufzuzeichnen und Verhaltensweisen, Entscheidungen usw. zu protokollieren, insbesondere in Bezug auf das SWT/TES und die Gestaltung der Heuristik. Wichtige Dokumente waren auch die Zusammenfassungen und Reflexionen der Studierenden zu ihrer eigenen Miniatur, die jede Gruppe am Ende des Kurses einreichen musste.

Alle Studierenden wurden zu Beginn der Aktivitäten über das Forschungsprojekt informiert und gaben ihr Einverständnis, dass ihre Materialien für die Forschungsaktivitäten verwendet werden.

3.4 Datenanalyse

Für die Datenanalyse wurde die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse verwendet (Berg, 2009). Dabei muss aber betont werden, dass der vorliegende Forschungsansatz in der Tradition der partizipativen Praxisforschung stand, die sich stark an den Bedürfnissen und Perspektiven der beteiligten Akteur:innen orientiert und weniger strikt auf traditionelle Operationalisierungen und Kategorisierungen setzt. Die Reflexionsprozesse und die iterative Anpassung der Methodik während der Forschungsdurchführung werden nicht immer in den traditionellen wissenschaftlichen Kategorien abgebildet. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse v. a. durch ihre Anwendbarkeit und Nützlichkeit für die beteiligten Praxispartner:innen validiert werden (Kindon & Kesby, 2007).

4 Ergebnisse

4.1 Überblick über die entstandenen Miniaturen

In der vorliegenden Arbeit sollen nur die fachdidaktisch relevantesten Ergebnisse genannt werden, wie sie zum Teil in Zeyer (2022) bereits angedeutet wurden, und in Zeyer (2024a) ausführlich dargestellt werden. Fünfzehn von 23 Gruppen nutzten die Themen Gesundheit, Medizin und Umweltgesundheit, um ihren lebensweltlichen Ansatz zu gestalten (Tabelle 1).

Tabelle 1: Die Themen der Miniaturen

<i>Titel</i>
1) Luftdruck und Höhenttraining
2) Blutdruck und Thrombose
3) EKG und Vorhofflimmern
4) Blutdruck richtig messen
5) Blutdruckmessgerät
6) Röntgen und Frakturen
7) 5G und Strahlenbelastung
8) Nuklearkrieg und Strahlenbelastung
9) Röntgenbilder und Strahlenbelastung
10) CT und Strahlenbelastung
11) Angst vor Strahlung?
12) Skateboarding und Trägheitsmoment
13) Kraft und Treppensteigen
14) Freier Fall und Fallturm
15) Muskuloskelettales System und Rückenschmerzen
16) Armmuskeln und Hebelgesetze
17) Bungee Jumping

18) Schwerhörigkeit
19) Lautstärke und Gehör
20) Frequenzen und Hören
21) Frequenzen und hörbarer Bereich
22) Gerichtetes Hören und "Kosmophon"
23) Doppler-Effekt

4.2 Schließen des Kreises und der Begriff des lebensweltlichen Bildes

Schließen des Kreises war ein Begriff, der in der Vorbereitungs- und Auswertungsphase der Gruppen schnell zum Standard wurde. Den Kreis zu schließen bedeutete, beide Bilder gleichermaßen zu betrachten, das manifeste (holistische) Bild und das wissenschaftliche Bild. Viele Gruppen begannen mit einer Bildsequenz aus der Lebenswelt der Studierenden, gingen dann zum wissenschaftlichen Bild über und kehrten dann zur Lebenswelt zurück. Wir entschlossen uns daher, den Begriff des manifesten Bildes durch den Begriff des *lebensweltlichen Bildes* zu ersetzen. Im Folgenden nennen wir das manifeste Bild entsprechend das lebensweltliche Bild.

Einige Gruppen begannen mit dem wissenschaftlichen Bild und wechselten dann mit dem ganzheitlichen Auge zum lebensweltlichen Bild.

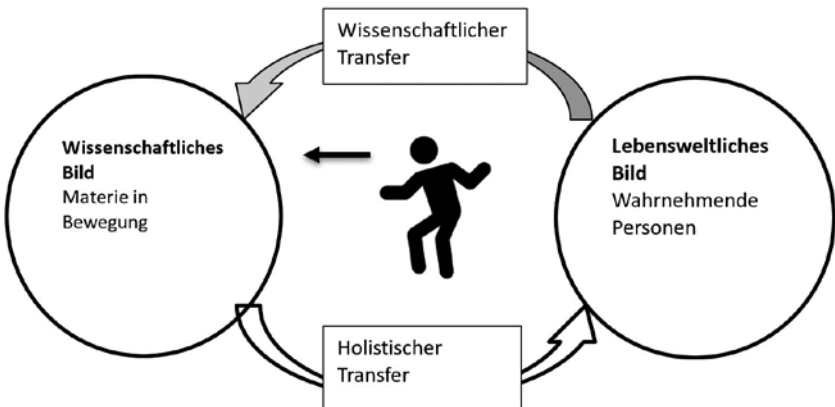


Abbildung 2: Wissenschaftlicher Transfer: Die Lehrperson in der Expertenrolle mit Blick auf das wissenschaftliche Bild (nach Zeyer, 2022).

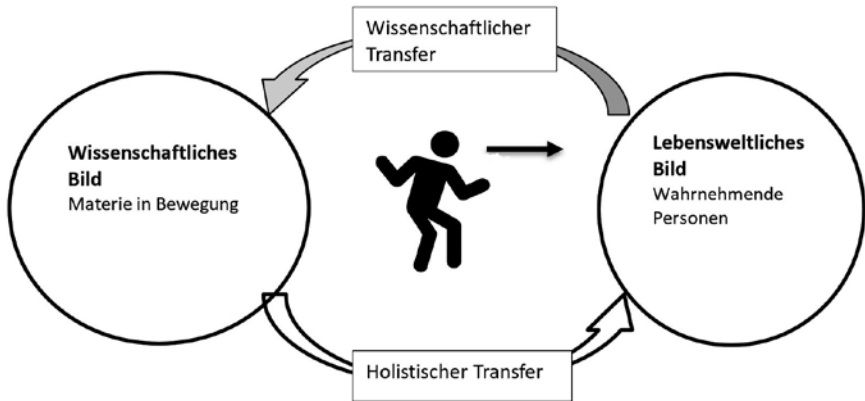


Abbildung 3: Holistischer Transfer: Die Lehrperson in der empathisch-hermeneutischen Rolle mit Blick auf das lebensweltliche Bild (nach Zeyer, 2022).

4.3. Die Rolle der Lehrperson

Eine der wichtigsten Erkenntnisse war es, dass der Ansatz des SWT/TES die Rolle der Lehrperson neu definiert. In der Tat mussten die Lehramtsstudierenden als Lehrpersonen in allen drei Phasen ihrer Miniatur – Vorbereitung, Durchführung und Bewertung – zwischen zwei verschiedenen Rollen wechseln. Beim wissenschaftlichen Transfer im SWT/TES-Kreis (Abb. 1) sahen sich die Lehramtsstudierenden (als Lehrpersonen in der Miniatur) in einer Expert:innenrolle, d. h., ihre Verantwortung und Identifikation lagen beim wissenschaftlichen Bild (Abb. 3).

Im Gegensatz dazu hatte die Lehrperson im Fall des holistischen Transfers eine hermeneutische/empathische Rolle, weil sie sich in die Lebenswelt ihrer Zuhörerschaft einbringen musste. Hier sahen die Studierenden ihre Rolle als Lehrperson darin, wissenschaftliche Fakten und Beweise im Lichte der Lebenswelt und der Präferenzen entweder ihrer Schüler:innen oder anderer Personen, wie Patient:innen oder Umweltschützer:innen usw., zu interpretieren. Abb. 4 hat sich als hilfreich erwiesen, um diese zweite Rolle zu symbolisieren.

Diese Doppelrolle der Lehrperson (die durch die Position in der Mitte zwischen den beiden Bildern und die beiden Zeiger symbolisiert wird) scheint ein neues Konzept zu sein, das, soweit uns bekannt, in der Literatur noch kaum beschrieben worden ist.

5 Diskussion: SWT/TES als didaktische Herausforderung

Der Wechsel zwischen den beiden Augen, um *den Kreis zu schließen*, und die Notwendigkeit für die Lehrperson, zwischen den beiden Rollen (Expert:in und Hermeneut:in) zu wechseln, erwies sich als herausfordernd.

Die Analyse der Reflexionen offenbart mehrere zentrale Aspekte, die den nur teilweisen Erfolg des Transfers wissenschaftlicher Konzepte in lebensweltliche Kontexte erklären. Beispielsweise zeigte die Reflexion der Miniatur „Blutdruck“, dass der Lebensweltbezug oft nicht tief genug ging. Das Thema Blutdruck wurde zwar in seiner naturwissenschaftlichen Komplexität dargestellt, der Bezug zu den Alltagserfahrungen und den Implikationen für die Gesundheit der Schüler:innen blieb jedoch oberflächlich. Es wurde mehr Wert auf wissenschaftliche Konzepte als auf deren praktische Relevanz gelegt. Gleichzeitig verdeutlicht die Reflexion zur Miniatur „Röntgen“ die Diskrepanz zwischen theoretischen Erklärungen und praktischer Anwendung. Während der Einstieg in die Thematik über eine lebensweltliche Fragestellung gut gelang, blieben die komplexen wissenschaftlichen Erklärungen zu abstrakt, um einen nachhaltigen Transfer in die Lebenswelt zu gewährleisten.

In der Tat ist die Expert:innenrolle für Lehrperson eher die konventionelle und die Lehramtsstudierenden hatten höchstwahrscheinlich ihre eigenen naturwissenschaftlichen Lehrpersonen meist in dieser Rolle erlebt.

Dieses Konzept mag unbewusst die Herangehensweise der Lehramtsstudierenden dominiert haben, die dann davon ausgingen, dass der (natur-)wissenschaftliche Transfer prinzipiell alle im Lebensweltbild gestellten Fragen beantwortet. Dies kann dann dazu geführt haben, dass, ausgehend vom naturwissenschaftlichen Bild, der holistische Transfer nur als Veranschaulichung und Anwendung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse wahrgenommen wird. In der Arbeit mit den Studierenden haben sich aber einige Komplementaritäten ergeben, die es ermöglichen könnten, die beiden Transfers besser zu unterscheiden und umzusetzen. Sie sollen in der Folge skizziert werden (Tab. 2).

Die Komplementarität von *Ding-Orientierung und Personen-Orientierung* half den Studierenden dabei, die Sellars'sche Terminologie von *matter in motion* und *sentient persons* besser zu verstehen. Sie stammt aus der Literatur zur Berufsforschung (Kuhn & Wolter, 2022).

In der Reflexion zu „Akustik und Hören“ etwa wird deutlich, wie das wissenschaftliche Bild stark Dinge-orientiert ist. Die Studierenden erklärten detailliert, wie das Gehirn Schallquellen lokalisiert, indem sie Effekte wie Laufzeitdifferenz, Schalldruckdifferenz und Filterung beschreiben. Der Übergang zur Lebenswelt

war jedoch stark fokussiert auf technische Details und weniger auf die persönliche Erfahrung und Relevanz im Alltag.

Im Gegensatz dazu zeigt die Miniatur „Mobilfunk Strahlenbelastung“, wie der Einstieg über die Personenorientierung erfolgreich war. Die Diskussion um 5G-Antennen und die emotionalen Reaktionen der Nachbar:innen auf deren Errichtung schuf eine starke Verbindung zur Lebenswelt der Studierenden.

Die zweite Komplementarität, die sich aus den Sellars'schen Kategorien von *matter in motion* und *sentient persons* ableiten lässt, ist jene zwischen *Positionsbeobachtungen und Sinneserfahrungen* (Esfeld, 2020). Diese Unterscheidung wurde mit den Studierenden während der Nachbesprechung der Miniaturen eingeführt und ausprobiert. Sie erwies sich ebenfalls als sehr unterstützend, um die beiden Bilder zu trennen. *Dinge* in den wissenschaftlichen Bildern der Miniaturen waren z. B. Luftmoleküle und ihre bewegten Positionen in einer akustischen Welle oder Blutpartikel und ihre kinematische Wirkung auf die Blutgefäßwand.

Umgekehrt spielten Sinneserfahrungen eine zentrale Rolle im holistischen Transfer. Sie dienten als Brücke zwischen wissenschaftlichem Wissen und lebensweltlichen Erfahrungen. In den Reflexionen zeigten sich Ansätze, wie durch die Einbindung von Sinneserfahrungen der Transfer erfolgreich umgesetzt werden kann.

Ein Beispiel bietet die Miniatur „Hören und Akustik“. In ihr wurden der Hörvorgang sowie der Hörverlust wissenschaftlich erklärt. Die Wahrnehmung wurde durch die Diskussion von Alltagsgeräuschen und deren unterschiedlichen Wahrnehmungen integriert. Ein Hörtest, bei dem die Studierenden stehen blieben, solange sie einen Ton hörten, bot eine direkte sinnliche Erfahrung und half, die theoretischen Inhalte besser zu verstehen.

Der Wechsel zwischen lebensweltlichem und wissenschaftlichem Bild ist nach Sellars auch einer zwischen *Fakten und Werten*. Explizite Wertediskussionen fanden in den Miniaturen der Lehramtsstudierenden eher selten statt. Meistens wurden aus Fakten direkt Handlungsanweisungen abgeleitet, ohne diese in einen konkreten Kontext einzubetten. So wurde aus der Darstellung des Gehörs und der physikalischen Erklärung von Lautstärke der Schluss gezogen, dass man keine laute Musik hören darf. Oder die Miniatur über Thrombosen wurde mit dem Hinweis beendet, dass man sich auf Langstreckenflügen genügend bewegen muss. In der Moralphilosophie wird Tendenz, von „Sein“ direkt auf „Sollen“ zu schließen als naturalistischer Fehlschluss (oder, nicht ganz identisch, als Ist-Soll-Fehlschluss) bezeichnet. Zwischen evidenzbasierten Prinzipien und intuitionsbasierten Werturteilen sollte immer ein reflektives Gleichgewicht ausgehandelt werden (McGrath & McGrath, 2019).

In den analysierten Reflexionen lassen sich aber durchaus Ansätze erkennen, wie das SWT/TES unterstützend dabei sein könnte, um Werte und Wertediskussionen jenseits der wissenschaftlichen Methode in den naturwissenschaftlichen Unterricht einzubringen und damit den naturalistischen Fehlschluss zu vermeiden. Der kritische Moment ist erneut der holistische Transfer, bei dem ein interpretatives Element wesentlich ist.

Besonders aussagekräftig diesbezüglich ist die Miniatur zur Strahlenbelastung durch Mobilfunk. Hier wird das Bild der elektromagnetischen Strahlung mit Sorgen und Kontroversen rund um die 5G-Technologie verbunden. Durch die emotionale Reaktion auf neue Technologien und die Bewertung möglicher Gesundheitsrisiken wird ein kritischer Diskurs gefördert, der zu einer fundierten Meinungsbildung in der Gesellschaft beitragen kann.

Schließlich war eine wiederkehrende Beobachtung des Kursleiters, dass das lebensweltliche Bild im Allgemeinen von Emotionen durchdrungen war. Dagegen führte der Wechsel zum wissenschaftlichen Bild, der wissenschaftliche Transfer, oft zu neutraler Emotionslosigkeit. Wenn z. B. eine Unterrichtsstunde über Radioaktivität mit Hinweisen auf den Konflikt in der Ukraine begann, herrschte eine ängstliche Spannung im Klassenzimmer. Diese Spannung löste sich jedoch auf, als der Schwerpunkt auf die wissenschaftliche Erklärung der physikalischen Strahlung verlagert wurde, und wurde durch eine eher distanzierte Atmosphäre ersetzt.

In unserer Arbeit mit Lehramtsstudenten verwendeten wir versuchsweise die beiden Begriffe *Fakten-bezogen* und *Sentiment-betont*, um den Diskurs im Wissenschaftsbild vom Diskurs im Lebensweltbild zu unterscheiden. Wir verwendeten diese Begriffe zur Charakterisierung diskursiver Ressourcen und entnahmen sie den jüngsten Ergebnissen einer umfangreichen Sprachanalyse (Scheffer et al., 2021).

6 Der synoptische Wissenstransfer (Two-Eyed Seeing) – eine Heuristik für den NWU

Aus den vorliegenden Miniaturen konnten keine Beispiele im Sinne von „best practice“ gewonnen werden, die zeigen, wie ein durchgängig gelungener synoptischer Wissenstransfer aussehen könnte. Dies weist darauf hin, dass die Forschung zur Anwendung von SWT/TES im naturwissenschaftlichen Unterricht noch am Anfang steht, und der Weg zu einer erfolgreichen Umsetzung noch weit ist.

Im Forschungsprozess wurden verschiedene Möglichkeiten entwickelt, wie Lehrkräfte bei der Bewältigung der beiden Transferschritte unterstützt werden

können. Ausgehend von den Überlegungen in den vorangegangenen Abschnitten lassen sich diese Aspekte in komplementärer Form auflisten, wie in Tabelle 2 dargestellt:

Tabelle 2: Pädagogische Komplementaritäten, die sich aus dem Forschungsprozess ergeben haben

	<i>Wissenschaftliches Bild</i>	<i>Lebensweltliches Bild</i>
<i>Ontologische Ebene</i>	Dinge-orientiert	Personen-orientiert
<i>Wahrnehmungsebene</i>	Positionsbeobachtungen	Sinneswahrnehmungen
<i>Reflexive Ebene</i>	Fakten	Werte
<i>Diskursive Ebene</i>	Faktenbezogen	Gefühls-(Wert-)betont

Lehrkräfte können die Inhalte der obigen Tabelle nutzen, um die beiden Bilder in ihrem Unterricht konkret zu strukturieren. Dementsprechend hat auch Abb. 1 im Laufe des Forschungsprozesses erhebliche Veränderungen erfahren. Diese Anpassungen haben sich im Unterrichtsprozess als praktikabel, nützlich und stabil erwiesen. Das daraus entstandene Instrument, das in Abb. 4 dargestellt ist, nennen wir ein pädagogisches Modell des SWT/TES. Es ist als pädagogisches Werkzeug zu verstehen, das aus dem spezifischen Kontext unserer Lehrer:innenausbildung entstanden ist. Ein anderer Kontext hätte möglicherweise zu einem anderen Modell geführt, das jedoch die grundlegenden Merkmale des ontologischen Modells (Abb. 1) beibehalten hätte.

Solche Modelle könnten sich auch für Themen der Umweltbildung und der Nachhaltigkeit oder, wie eingangs bemerkt, ganz allgemein als Rahmen für die systematische Integration von Socioscientific Issues im NWU anbieten. Dazu ist weitere Forschung vonnöten.

Sicher hat das Modell aber auch intrinsische fachdidaktische Stärken, weil es gleichzeitig Personen-orientierte und Dinge-orientierte Lernende anspricht und insbesondere affektive, empathische und normative Gesichtspunkte in den naturwissenschaftlichen Unterricht integriert. Damit kann es die Motivation aller Schüler:innen, insbesondere auch vieler Mädchen, für den naturwissenschaftlichen Unterricht fördern (Zeyer, 2024b) und gleichzeitig die Idee der *Civic Science Education* (Levy et al., 2021) unterstützen.

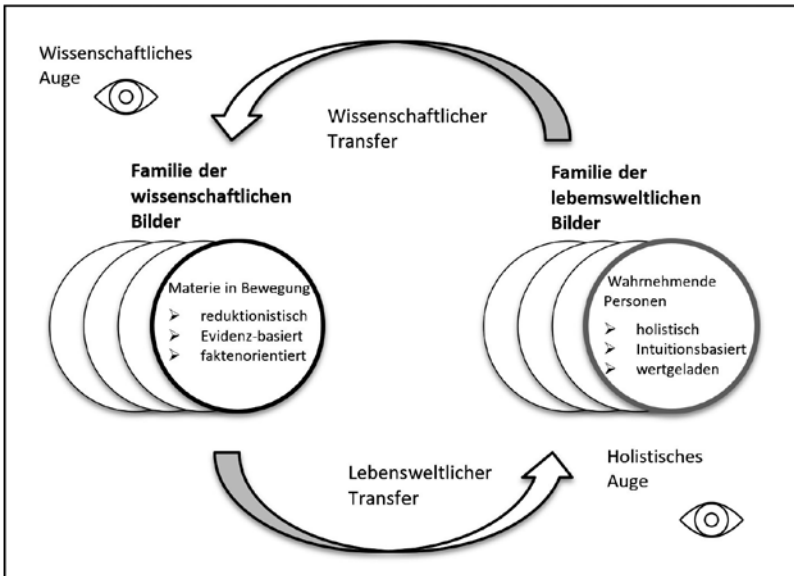


Abbildung 4: Ein Bildungsmodell für den synoptischen Wissenstransfer (Two-Eyed Seeing) als Ergebnis des Forschungsprozesses (adaptiert nach Zeyer, 2024a)

Literatur

- Bartlett, C., Marshall, M. & Marshall, A. (2012). Two-Eyed Seeing and other lessons learned within a co-learning journey of bringing together indigenous and mainstream knowledges and ways of knowing. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 2(4), 331–340. <https://doi.org/10.1007/s13412-012-0086-8>
- Berg, B. L. (2009). *Qualitative research methods for the social sciences* (7th ed.). Allyn & Bacon. Table of contents only <http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0825/2008035856.html>
- Bybee, R. (2012). Scientific literacy in Environmental and Health Education. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Eds.), *Science|Environment|Health; Towards a renewed Pedagogy of Science Education* (pp. 49–67). Springer.
- Esfeld, M. (2020). *Science and human freedom*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37771-7>
- Gerber, M. & Kraft, E. (2014). Shared Decision Making – Arzt und Patient entscheiden gemeinsam. *Schweizerische Ärztezeitung*, 95(50), 1883–1889.

- Hogue, M. & Provost, I. (2023). *C4–R4 in the development of co-management practice of crown lands (aka Indigenous traditional territories)*. In review.
- Kindon, S. P. R. & Kesby, M. (2007). *Participatory Action Research Approaches and Methods: Connecting People, Participation and Place*. Routledge.
- Kuhn, A. & Wolter, S. C. (2022). Things versus People: Gender Differences in Vocational Interests and in Occupational Preferences. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 203, 210–234. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2022.09.003>
- Levy, B. L. M., Oliveira, A. W. & Harris, C. B. (2021). The potential of “civic science education”: Theory, research, practice, and uncertainties. *Science Education*, 105(6), 1053–1075. <https://doi.org/10.1002/sc.21678>
- McGrath, S. & McGrath, S. (2019). Reflective Equilibrium, Its Virtues and Its Limits. In S. Mc Grath (ed.), *Moral Knowledge* (pp. 11–58). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198805410.003.0002>
- Moser, H. (2007). *Grundlagen der Praxisforschung*. Lambertus.
- Scheffer, M., van de Leemput, I., Weinans, E. & Bollen, J. (2021). The rise and fall of rationality in language. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 118(51). <https://doi.org/10.1073/pnas.2107848118>
- Sellars, W. (1962). Philosophy and the Scientific Image of Man. In R. Colodny (Ed.), *Frontiers of Science* (pp. 35–78). University of Pittsburgh Press.
- Zeyer, A. (2022). Teaching Two-Eyed Seeing in Education for Sustainable Development: Inspirations from the Science|Environment|Health Pedagogy in Pandemic Times. *Sustainability*, 14(10). <https://doi.org/ARTN634310.3390/su14106343>
- Zeyer, A. (2024a). Scientific Holism: A Synoptic (“Two-Eyed Seeing”) Approach to Science Transfer in Education for Sustainable Development, Tested with Pre-Service Teachers. *Sustainability*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/su16062279>
- Zeyer, A. (2024b). Von Dingen und Menschen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Brovelli, M. Hoesli & M. Elderton (Eds.), *Gendersensibilisierung in der Ausbildung von Natur- und Techniklehrpersonen* (pp. 147–155). hep Verlag.
- Zeyer, A., Álvaro, N., Claussen, C., Enzingmüller, C., Gavidia, V., Malmberg, C., Mayoral, O., Parchmann, I., Urbas, A. & Kremer, K. (2023). Two-Eyed-Seeing and Scientific Holism in a New Science|Environment|Health Pedagogy. In G. S. Carvalho, A. S. Afonso & Z. Anastácio (Eds.), *Fostering Scientific Citizenship in an Uncertain World. Selected Papers from the ESERA 2021 Conference* (pp. 293–309). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.35542/osf.io/ct546>
- Zeyer, A. & Kyburz-Graber, R. (2012). *Science|Environment|Health: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education*. Springer.
- Zeyer, A. & Welzel, M. (2006). Lernen, um das Gelernte zu kommunizieren. Didaktische Miniaturen als methodische Alternative im integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 54–61.

Informationen zu den Autor:innen

Albert Zeyer

Pädagogische Hochschule Luzern, Schweiz

albert.zeyer@phlu.ch

<https://orcid.org/0000-0003-4297-0753>

Elvira Schmidt, Julia Arnold, Heide Beranek-Knauer,
Simon Blauza, Lucas Eder, Benedikt Heuckmann,
Helmut Jungwirth, Hiltrun Walter, Albert Zeyer &
Kerstin Kremer

Wissenschaftsreflexion medizinischer Themen im Kontext von Gesundheitsbildung

Zusammenfassung

In der Debatte um die COVID-19-Pandemie wurde deutlich, dass Prozesse der Urteilsbildung in Bezug auf medizinische und gesundheitsrelevante Fragestellungen von der Reflexion wissenschaftlicher Erkenntnisse abhängen, aber auch von persönlichen Faktoren (Emotionen, Überzeugungen) beeinflusst werden. Dies führte einerseits zu Missverständnissen zwischen Wissenschaftler:innen und Öffentlichkeit, andererseits zu Unsicherheiten in Gesellschaft und Bildung. Für die Förderung einer reflektierten Entscheidungsfindung hinsichtlich medizinischer Fragestellungen im Rahmen der Gesundheitsbildung ist demnach eine wissenschaftsbasierte Auseinandersetzung mit Medizin sowohl in Bezug auf das Wissenschaftsverständnis (*Nature of Science*) als auch unter Berücksichtigung individueller Zugänge unerlässlich. In diesem Artikel werden Symposiumsbeiträge zu medizinischen Kontexten (Impfen, Umgang mit Antibiotikaresistenzen) und ausgewählter Determinanten (u. a. Umgang mit Unsicherheit) der Urteilsbildung zu gesundheitsrelevanten Fragestellungen gebündelt und in Hinblick auf Implikationen für Biologieunterricht und Lehrkräftebildung diskutiert. Es werden Implikationen für die weitere Forschung abgeleitet.

Abstract

The discussion during the COVID-19 pandemic showed that decision-making processes related to medical and health issues are not only influenced by scientific findings but also by personal factors (emotions, beliefs). This led to misunderstandings between scientists and the public on the one hand and to uncertainty in society and education on the other. In order to promote reflective decision-making concerning medical issues in the context of health literacy, a science-based approach to medicine is essential – both with regard to the understanding of science (*Nature of Science*) and individual determinants. The symposium presents medical contexts (vaccination, dealing with antibiotic resistance) to identify and discuss selected personal determinants (i.a. dealing with uncertainty) of decision-making processes on health-related issues with regard to biology teaching and teacher training. Further, implications for research are formulated.

1 Einführung

1.1 Die Rolle der Medizin für eine Wissenschaftsreflexion im Biologieunterricht

Während der COVID-19-Pandemie wurden Prozesse wissenschaftlicher Forschung mit Bezug zu medizinischem Wissen und medizinischen Erkenntnissen zwischen Wissenschaftler:innen und Öffentlichkeit breit diskutiert. Dabei wurde in der gesellschaftlichen Debatte deutlich, dass Meinungsbildung über medizinische und gesundheitsrelevante Prozesse neben wissenschaftlichen Erkenntnissen von persönlichen Faktoren, wie Emotionen und Überzeugungen, beeinflusst werden (Haug et al., 2021).

Einerseits gab es ein großes Interesse an der Wissenschaft, pandemiebezogene fachliche Konzepte zu erklären und entscheidungsrelevante Forschungsergebnisse transparent zu machen. Andererseits wurden politische Entscheidungen fälschlicherweise mit wissenschaftlichen Erkenntnissen gleichgesetzt, was zu Missverständnissen (Bogner, 2021) und Unsicherheiten in der Gesellschaft führte. Die Implikationen der Situation für den Biologieunterricht wurden früh formuliert (Arnold et al., 2020), jedoch kaum eingelöst. Neben der Bewältigung der COVID-19-Pandemie stehen Medizin, Wissenschaft und Gesellschaft vor weiteren großen Herausforderungen, wie etwa den Umgang mit Risiken und Unsicherheiten sowie

einer reflektierten Meinungsbildung in Bezug auf kontroverse Themen (z. B. Impfungen, Antibiotika, vgl. Fensham, 2012). Für die Förderung einer reflektierten Meinungsfindung hinsichtlich medizinischer Fragestellungen ist demnach eine wissenschaftsbasierte Auseinandersetzung mit Medizin sowohl in Bezug auf ein Wissenschaftsverständnis (*Nature of Science*) als auch unter Berücksichtigung individueller Zugänge (z. B. Unsicherheiten, Emotionen) unerlässlich (Heering & Kremer, 2018; Schmidt, 2020).

1.2 Biologiedidaktische Bezüge

Moderne Medizin ist eine evidenzbasierte Wissenschaft, d. h., therapiebezogene Erkenntnisse werden u. a. durch sogenannte randomisierte kontrollierte Studien gewonnen (Windeler et al., 2008). Als evidenzbasierte Humanwissenschaft berücksichtigt die Medizin zugleich individuelle Bedürfnisse von Patient:innen und setzt somit im Forschungsprozess in besonderem Maße auch ethische Standards um (Hüntelmann et al., 2022). Dazu zählen u. a. der klinische Status der Patient:innen und ihre individuellen Präferenzen im Sinne des Informed Consent (Haynes et al., 2002).

Demnach knüpft die Reflexion über Medizin als Wissenschaft fachdidaktisch an den Prinzipien von *Nature of Science* an (Heering & Kremer, 2018). In der Auseinandersetzung mit Medizin im Rahmen der Gesundheitsbildung und Health-Literacy (Arnold et al., 2020; Sørensen et al., 2012) schließen die Prozesse der selbstbestimmten Meinungs- und Entscheidungsfindung an die Förderung der Bewertungskompetenz an (Schmidt & Minkin, 2024; Zeyer & Kyburz-Graber, 2012). Jedoch ist in diesem Zusammenhang die Rolle individueller Vorerfahrungen, Emotionen, Einstellungen sowie die Wahrnehmung und der Umgang mit Unsicherheiten in Bezug auf medizinische Fragestellungen (z. B. Impfungen, Antibiotikaresistenzen) der Lernenden erst wenig beforscht und somit für die Unterrichtsentwicklung oder Lehrer:innenbildung kaum systematisch nutzbar gemacht (Zeyer, 2022). Ferner fehlt bei der Auseinandersetzung mit medizinischen Themen im Kontext der Gesundheitsbildung und Health-Literacy häufig ein Bezug zu den Prozessen der medizinischen Erkenntnisgewinnung im Sinne der *Nature of Science* (Heering & Kremer, 2018) und somit auf das Wissenschaftsverständnis (Arnold & Dannemann, 2023; Schmidt, 2020).

1.3 Beiträge des Symposiums

Das Symposium bündelt Beiträge, die sich dem Spannungsfeld zwischen Medizin, Wissenschaft und Gesellschaft im Lichte der Herausforderungen einer Gesundheitsbildung und Health-Literacy widmen. Dabei werden der Prozess der Meinungsbildung zu medizinischen Fragestellungen und die Diagnose und Förderung der Determinanten zur Entscheidungsfindung (u. a. Verständnis von *Nature of Science*, Umgang mit Unsicherheiten) anhand ausgewählter inhaltlicher Kontexte (Impfen, Antibiotika) im Hinblick auf den Biologieunterricht und die Lehramtsausbildung herausgearbeitet und diskutiert. Ferner wird der Frage nachgegangen, welche Rolle die Auseinandersetzung mit medizinischer Forschung und Erkenntnis für die Gesundheitsbildung und Health-Literacy spielen kann.

2 Mit Computersimulationen zu medizinischen Themen das Verständnis von Unsicherheit und Risiko diagnostizieren und den Umgang mit ihnen fördern

Computersimulationen werden zunehmend dazu verwendet, um naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu globalen Herausforderungen wie der Corona-Pandemie verständlich der Öffentlichkeit zu kommunizieren (Blauza & Heuckmann, 2023). Weniger im Fokus fachdidaktischer Diskussionen stand dabei bislang, dass auch epistemische Kompetenzen im Bereich von *Nature of Science* notwendig sind, um die (natur-)wissenschaftliche Qualität der Simulationen und die aus ihnen getroffenen Schlussfolgerungen adäquat einschätzen zu können (Seoane et al., 2022). Im Folgenden werden dazu zwei zentrale, aber bislang unterrepräsentierte Aspekte im Kontext einer empirischen Studie mit Schüler:innen ($n = 5$) und Studierenden ($n = 12$) betrachtet, die sich mit medizinischen Computersimulationen zur Maserninfektion und Corona-Infektion (s. Abb. 1) auseinandergesetzt haben: das Verständnis von Risiko und der kompetente Umgang mit Unsicherheit.



Abbildung 1: QR-Code zur Simulationssammlung

Risiko (*risk*) wird in der Fachdidaktik multidimensional durch ein realistisches (*risk as analysis*) und konstruktivistisches (*risk as feeling*) Paradigma konzeptualisiert (Schenk et al., 2019), wobei sich ein kompetenter Umgang mit Risiken u. a. durch eine reflektierte Risikowahrnehmung äußert (Hansen & Hammann, 2017). In Bezug auf Unsicherheit¹ (*uncertainty*) lässt sich zunächst eine individuelle, psychologische Perspektive auf Unsicherheit („Ich fühle mich verunsichert“) von einer gegenstandsbezogenen externalen Perspektive unterscheiden, bei der Unsicherheit als inhärentes Merkmal des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns verstanden wird. Für Letzteres können verschiedene Typen von Unsicherheit differenziert werden, z. B. epistemische, aleatorische und strukturelle Unsicherheit (Blauza et al., 2024).

In einer explorativen, qualitativen Interviewstudie konnte gezeigt werden, dass die Proband:innen meist ein alltagsnahes Verständnis von Risiko und Unsicherheit aufweisen. Risiko wurde von den Schüler:innen meist primär als Merkmal des Umfeldes und auf das Einhalten persönlicher Präventionsmaßnahmen zurückgeführt. Studierende nehmen Risiko hingegen differenzierter als polysemes Konstrukt wahr (z. B. Risiko als Wahrscheinlichkeit oder als Schadensereignis, s. Abb. 2).



Abbildung 2: Exemplarische Aussagen von Schüler:innen und Studierenden zum Verständnis von Risiko

Unsicherheit wurde primär im Sinne der psychologischen Unsicherheit verstanden. Externale Unsicherheit wurde von den Schüler:innen nur selten und in erster Linie über den Aspekt Zufall (aleatorische Unsicherheit), von den Studierenden im Kon-

1 In der internationalen Literatur wird Unsicherheit unter dem Begriff *uncertainty* diskutiert. Im deutschsprachigen Raum sind zwei Übersetzungen, Unsicherheit und Ungewissheit, möglich. Lübke & Heuckmann (2024) diskutieren die Eignung der Begriffe ausführlich.

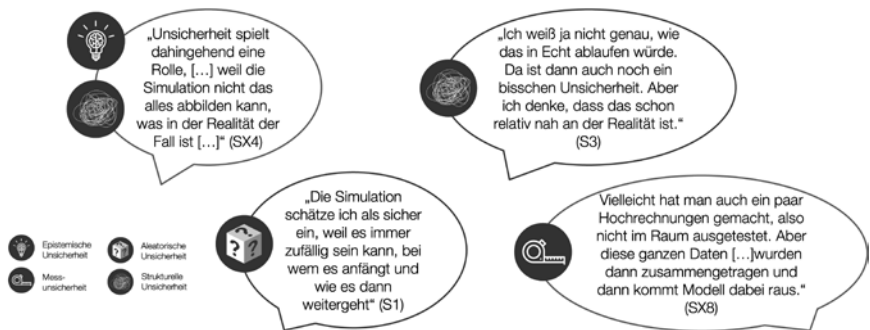


Abbildung 3: Exemplarische Aussagen von Schüler:innen und Studierenden zum Verständnis von Unsicherheit

text der Komplexität des simulierten medizinischen Szenarios (Corona-Pandemie) beschrieben (strukturelle Unsicherheit, s. Abb. 3).

Insgesamt bestehen drei Hauptergebnisse. Erstens fällt Schüler:innen wie Studierenden die Differenzierung verschiedener Typen von Unsicherheit bei der Aufgabenbearbeitung schwer (Blauza et al., 2024). Zweitens fällt insbesondere Schüler:innen der Wechsel vom konstruktivistischen ins realistische Paradigma zu Risiko schwer (Hansen & Hammann, 2017). Drittens deuten die Befunde darauf hin, dass Computersimulationen einen Beitrag zur Identifikation von Verständnissen von Unsicherheit und Risiko beitragen können (Heuckmann et al., 2024).

3 Diskursorientiertes Framing als Tool zur Bewusstseinsbildung bei Schüler:innen zum Thema Antibiotikaresistenzen

Eines der dringlichsten Themen in der aktuellen Medizin ist es, die Wirksamkeit von Antibiotika zu erhalten (Baker, 2015). Neben der natürlichen Selektion wird diese Entwicklung von Resistenzen durch den übermäßigen und teilweise missbräuchlichen Einsatz von Antibiotika in der Medizin und Tierhaltung vorangetrieben (Europäische Kommission, 2017). Bildungsprogramme sollten zu einem besseren Verständnis der biologischen Grundlagen beitragen und neben den natur-

wissenschaftlichen Informationen auch gesellschaftliche und individuelle Faktoren der Meinungsbildung berücksichtigen (Harbarth et al., 2015).

In dieser Studie (Beranek-Knauer et al., 2020) wurde im Rahmen eines außerschulischen Laborkurses untersucht, ob ein gezieltes Framing (Nisbet & Mooney, 2007; Davis & Russ, 2015) zur Vermittlung der Thematik geeignet ist. Anhand von kurzen Diskussionen zu Fragen bezüglich der Ursachen der Resistenzentwicklung und den persönlichen Erfahrungen mit Antibiotika erarbeiteten die Schüler:innen in Kleingruppen selbständig Grundlagen zum Thema. Dadurch bildete sich ein individuell angepasster Rahmen für den Laborkurs (DDF: discourse-directed framing). Zur Kontrolle erhielten andere Gruppen eine rein von den Kursleiter:innen gestaltete Einführung (IDF: instructor-directed framing).

Das DDF führte bei den Schüler:innen zu einer signifikant höheren Einschätzung des gesellschaftlichen Wertes der Naturwissenschaft, nicht aber das IDF. Darüber hinaus assoziierten die Schüler:innen der DDF-Gruppe noch drei Wochen nach dem Kursbesuch Antibiotika mit mehr Themen als die IDF-Gruppe. So wurden auf Nachfrage Begriffe aus dem Themenfeld gesellschaftlicher und individueller Verantwortung fast doppelt so häufig in der DDF-Gruppe genannt wie in der IDF-Gruppe.

Diese Studie zeigt, dass bereits eine zeiteffiziente Maßnahme, wie ein kurzes Framing, die Wahrnehmung komplexer Themen über einen längeren Zeitraum beeinflussen kann. Der durch kurze Diskussionen individuell hergestellte Bezug kann Schüler:innen helfen, die Bedeutung biologischer Sachverhalte für sich und die Gesellschaft besser einzuschätzen. Somit könnte das DDF einen Ansatz zur praktischen Umsetzung der Förderung von Bewertungskompetenz im Unterricht darstellen.

4 Strategien zum Umgang mit und Reduktion von Unsicherheit – Schüler:innenvorstellungen zum Thema Impfen

Gesundheitsbildung zielt darauf ab, die Lernenden in die Lage zu versetzen, „informierte Entscheidungen über ihr künftiges Leben und ihre Gesundheit zu treffen“ (Joint Committee on Health Education and Promotion Terminology, 2001, S. 99). Bei dieser Entscheidungsfindung spielen neben motivationalen Faktoren auch das Wissen bzw. die Vorstellungen über naturwissenschaftliche Erkenntnisse und deren Gewinnung eine Rolle (Arnold, 2018) informed decision-making and to pro-

mote health behaviour. To date, there are several models that seek to explain health behaviour (e.g. the Theory of Planned Behaviour or the Health Belief Model, und die Entscheidungen werden unter mehr oder minder großer Unsicherheit getroffen. Gründe für diese Unsicherheit liegen in der Thematik der Gesundheit und ihrer Komplexität (Zeyer et al., 2019). Dewulf und Biesbroek (2018) schlagen eine Systematisierung von Unsicherheit in der Entscheidungsfindung für den Bereich Umweltpolitik vor. Sie unterscheiden dabei drei Objekte, auf die sich Unsicherheit bezieht (Inhalt, Strategie, Institution), und drei Arten von Unsicherheit: „Epistemische“ Unsicherheit bezieht sich auf den aktuellen Erkenntnisstand, „ontologische“ auf emergente Unsicherheit, die in der Sache selbst liegt, und „mehrdeutig“ bedeutet, dass es jeweils unterschiedliche Perspektiven oder Referenzrahmen gibt (Schaik, 2023).

Je nach Kategorie der Unsicherheit können (verschiedene) Strategien herangezogen werden, die die Unsicherheit reduzieren. Aus der Kombination von Art und Objekt entstehen so neun Kategorien der Unsicherheit. In diesem Beitrag wurde das Kategoriensystem zur Analyse von Schüler:innenvorstellungen ($N = 21$) bei einer schriftlichen Befragung im Gesundheitskontext „Impfen“ analysiert. Die Ergebnisse (s. Tab. 1) zeigen exemplarisch auf, wie Lernende (Un-)Sicherheiten wahrnehmen und welche Strategien zum Umgang sie jeweils erwägen. Es zeigt sich, dass innerhalb der jeweiligen Kategorien unterschiedliche Strategien den Lernenden subjektiv sinnvoll erscheinen – objektiv jedoch anders beurteilt werden können (z. B. bei epistemischer Unsicherheit Wissen aneignen und bei ontologischer Unsicherheit auf Expert:innen vertrauen). Künftig sollten ausgehend von den Vorstellungen von Lernenden adäquate Strategien zum Umgang mit Unsicherheit entwickelt und geprüft werden. Das Three-Talk-Modell kann dabei als Ausgangspunkt für die Vermittlung dienen (Zeyer & Arnold, 2021).

5 Synoptischer Wissenstransfer (Two-Eyed Seeing): eine Möglichkeit, medizinische Themen in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren

Medizinische Kontexte im naturwissenschaftlichen Unterricht (NWU) werden bisher unterschätzt. Sie sind paradigmatische *Socioscientific Issues*, mit einem klaren naturwissenschaftlichen Inhalt und einem ebenso eindringlichen emotionalen und sozialen Bezug. Es wurde vorgeschlagen, dass das Sellars'sche Konzept der *Synoptic View* (Esfeld, 2020) einen konzeptuellen Hintergrund für die unterrichtliche

Tabelle 1: Ergebnisse der Kategorisierung von Schüler*innenantworten zum Thema Sicherheit von Impfstoffen in Analogie zu Dewulf und Biesbroek (2018). Anmerkung: Anzahl der Nennungen in Klammern.

		Art der Unsicherheit		
		A) Epistemisch	B) Ontologisch	C) Mehrdeutig
Objekt der Unsicherheit	1) Inhalt	<p>Sicher, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impfstoffe werden getestet (8) - Wahrscheinlichkeit von Nebenwirkungen ist gering (2) - Wirkung ist nachgewiesen (1) <p>Unsicher, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ich / man weiß zu wenig darüber (5) <p>Umgang</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abwarten, bis genügend erforscht (1) - (Mehr) Erprobungen des Impfstoffs um Nebenwirkungen auszuschliessen (3) - Vertrauen in Expert*innen (2) 	<p>Unsicher, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> - Langzeitfolgen unbekannt (4) - Langzeitwirkung unbekannt (2) - Man kann nie 100% sicher sein (8) <p>Umgang</p> <ul style="list-style-type: none"> - Akzeptanz von Unsicherheit (1) - Impfung vom Markt nehmen (1) - Kosten / Nutzen abwägen (1) - Langzeittests um Langzeitfolgen auszuschliessen (3) - Langzeittests um Wirkung sicher zu stellen (1) - Vertrauen in Expert*innen (1) 	./.
	2) Strategie	./.	<p>Sicher, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absichten der Impfersteller*innen (1) <p>Unsicher, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absichten der Impfersteller*innen (5) - Wissen wird zurückgehalten (1) <p>Umgang</p> <ul style="list-style-type: none"> - (Staatl.) Kontrollen der Studien / Finanzierung / Wissenschaftler*innen (2) - Finanziellen Druck rausnehmen (1) - Nicht impfen (1) 	./.
	3) Institution	<p>Sicher, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schweiz sicher (2) - Wissenschaft sicher (1) 	./.	./.

Umsetzung anbieten könnte (Zeyer et al., 2023). Ein ähnliches Konzept wird seit Jahrzehnten im kanadischen Wissenschaftsunterricht mit indigenen Schüler:innen verwendet und dort *Two-Eyed Seeing (TES)* (Bartlett et al., 2012) genannt.

Der Ansatz des *Synoptischen Wissenstransfers (SWT)* baut auf beiden Konzepten auf (Zeyer, 2022). Die erste Grundidee ist, dass sich uns die Welt, wie sie ist, nicht unmittelbar erschließt, sondern dass wir sie gewissermaßen gleichzeitig mit zwei Augen sehen, einem wissenschaftlichen und einem holistischen Auge. Das ergibt zwei Bilder „der Welt“, die komplementär sind, d. h., sich gegenseitig ausschließen und ergänzen.

Die zweite Grundidee ist, dass das wissenschaftliche Bild aus *Dingen* aufgebaut ist, während das holistische Bild um *Personen* herum entsteht. Die Stärke des wissenschaftlichen Bildes ist die Prädiktion. Die Stärke des holistischen Bildes ist es, Sinn und Bedeutung für die beteiligten Personen zu erschließen.

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war es, das Modell des SWT in einem Kurs mit Lehramtsstudent:innen der Naturwissenschaften zu testen und es zu einem didaktischen Modell weiterzuentwickeln. Methodisch kann der Forschungsprozess der Kategorie der partizipativen Aktionsforschung zugeordnet werden.

Es nahmen 67 Studierende an dem Modul teil, 29 waren weiblich und 38 waren männlich. Ihr Durchschnittsalter betrug 24 Jahre. Sie erarbeiteten Miniaturen im Sinne des Mikro-Teachings zu integrierten bio-physikalischen Themen der Humanbiologie.

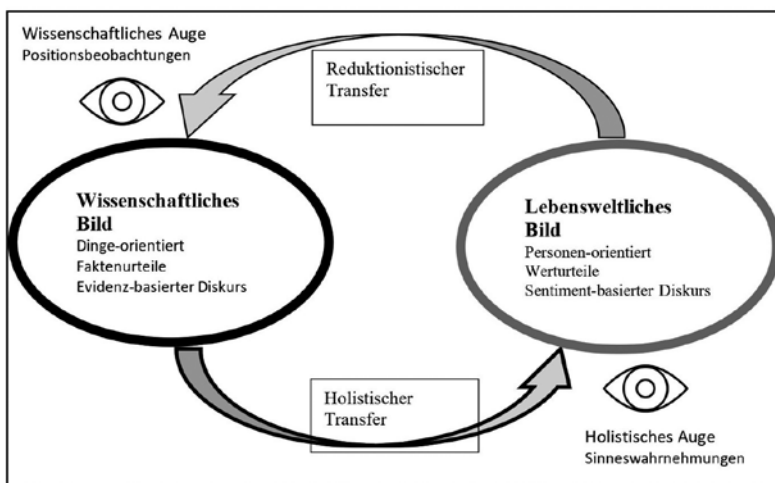


Abbildung 4: Eine didaktische Heuristik für wissenschaftlichen Holismus und den synoptischen Wissenstransfer („Two-Eyed Seeing“) als Ergebnis des Forschungsprozesses

Ein wichtiges Ergebnis des Forschungsprozesses war die Heuristik, die im partizipativen Unterrichtssetting eingeführt und sukzessive verbessert wurde, damit sich die Studierenden in allen Phasen ihrer Miniatur daran orientieren konnten (s. Abb. 4).

Eine weitere Erkenntnis war, dass der Ansatz des SWT die Rolle der Lehrperson neu definiert. In der Tat mussten die Lehramtsstudent:innen als Lehrpersonen zwischen zwei verschiedenen Rollen wechseln – der erklärenden Expert:innenrolle und der interpretativen, empathischen Hermeneut:innenrolle (vgl. Abb. 2 und 3 individueller Beitrag von Albert Zeyer). Zum Beispiel benötigen die physikalischen Erklärungen zum Thema Kalorienverbrauch bei körperlicher Arbeit je nach Schüler:in eine andere, vorsichtige Rückführung in den holistisch-lebensweltlichen Kontext. In ihrer hermeneutischen (zweiten) Rolle begleitet die Lehrperson die Schüler:innen bei dieser Rückführung mit ihrem biologischen Wissen und dem empathischen Blick auf die Schüler:innen, ohne ihr aber eine bestimmte Interpretation aufzudrängen. Diese zweite Rolle der Lehrperson ist noch wenig bekannt.

6 Diskussion der Symposiumsbeiträge

Die vorgestellten Beiträge verdeutlichen die Relevanz der Förderung von Wissenschaftsreflexion von Medizin und Bewertungskompetenz hinsichtlich medizinischer Fragestellungen im Rahmen der Gesundheitsbildung. Ferner zeigen sie im konkreten Kontext der Studien, dass Entscheidungen über Impfverhalten sowie der Umgang mit Antibiotikaresistenzen medizinische Kontexte darstellen, an denen im Unterricht inhaltlich angesetzt werden kann (Beranek-Knauer et al., 2020; Kapitza et al., 2021; Zeyer & Arnold, 2021), da sie u. a. an der Erfahrungswelt der Schüler:innen anknüpfen. Für eine reflektierte Urteilsbildung in Bezug auf medizinische Fragestellungen ist die Förderung eines Verständnisses von Medizin als evidenzbasierte Wissenschaft unerlässlich. Dabei können die Eigenschaften von *Nature of Science* auf medizinische Fragestellungen angewendet und beispielsweise hinsichtlich der Vorläufigkeit wissenschaftlicher Aussagen (Schmidt & Minkin, 2024), dem epistemischen Status von Wissenschaft (Kapitza et al., 2020) oder Formen von Risiko und Unsicherheit (Heuckmann et al., 2024) reflektiert werden.

Ferner zeigen die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchungen die Bedeutung der individuellen Wahrnehmung von Risiko und Unsicherheit (Blauza et al., 2024; Zeyer & Arnold, 2021). Zur Diagnose verschiedener Typen von Unsicherheit können Computersimulationen einen Beitrag leisten (Heuckmann et al., 2024).

Zudem finden sich in Zeyer & Arnold (2021) Strategien zum Umgang und zur Reduktion von Unsicherheit.

Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass die Ansätze des SWT (Zeyer, 2022), Three-Talk-Modell (Zeyer & Arnold, 2021) sowie DDF (Beranek-Knauer et al., 2020) einen Beitrag zur Förderung der Bewertungskompetenz in Bezug auf Medizin leisten können, da sie neben fachlichen Inhalten gesellschaftliche und persönliche Sichtweisen miteinbeziehen (Eggert & Böggeholz, 2006). Trotz Förderung der Bewertungskompetenz sollte berücksichtigt werden, dass medizinische und gesundheitsrelevante Entscheidungen von Schüler:innen maßgeblich von Erziehungsberechtigten beeinflusst werden.

Die Betrachtung von Medizin als Gegenstand von Wissenschaftsreflexion und zur Förderung von Bewertungskompetenz stehen jedoch erst am Anfang. Aktuell gibt es wenige Erkenntnisse zu Vorstellungen bei Lernenden und Studierenden im Rahmen der Lehrkräftebildung. Persönliche Zugänge, wie Einstellungen, Vorstellungen und Werthaltungen, sind relevante Einflussgrößen und sollten in künftiger Forschung im schulischen Biologieunterricht und in der Professionsforschung systematisch integriert werden.

Literatur

- Arnold, J. C. (2018). An integrated model of decision-making in health contexts: The role of science education in health education. *International Journal of Science Education*, 40(5), 519–537. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1434721>
- Arnold, A., Dannemann, S., Gropengießer, I., Heuckmann, B., Kahl, L., Schaal, S. & Spörhase, U. (2020). *Empfehlungen des Arbeitskreises Gesundheit & Biologie im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBIO) in Kooperation mit dem Arbeitskreis Schulbiologie – Empfehlungen zur biologischen Bildung in Schule und Hochschule in Zeiten der Corona-Pandemie*. <https://www.vbio.de/schule/schule/biologie-und-gesundheit/>
- Baker, S. (2015). A return to the pre-antimicrobial era? *Science*, 347(6226), 1064–1066. <https://doi.org/10.1126/science.aaa286>
- Bartlett, C., Marshall, M. & Marshall, A. (2012). Two-Eyed Seeing and other lessons learned within a co-learning journey of bringing together indigenous and mainstream knowledges and ways of knowing. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 2(4), 331–340. <https://doi.org/10.1007/s13412-012-0086-8>

- Beranek-Knauer, H., Walter, H., Paleczek, D., Eder, L., Jungwirth, K. & Jungwirth, H. (2020). Discourse-directed framing as communication strategy alters students' concept of antibiotics and antibiotic resistance formation. *International Journal of Science Education, Part B*, 10(4), 319–334. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1844921>
- Blauza, S. & Heuckmann, B. (2023). Simulierte Ungewissheit: Ungewissheit mit Simulationen zu SARS-CoV-2 identifizieren und reflektieren. *Unterricht Biologie*, 487, 32–37.
- Blauza, S., Kremer, K. & Heuckmann, B. (2024). *Towards an Integrative Framework on Uncertainty in Science Education: Findings from a Delphi Study*. [Manuscript in preparation].
- Bogner, A. (2021). *Die Epistemisierung des Politischen. Wie die Macht des Wissens die Demokratie gefährdet*. Philipp Reclam.
- Dannemann, S. & Arnold, J. (2023). Gesundheitsbildung. In H. Gropengießer & U. Harms (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (496–507). Aulis Verlag.
- Davis, P. R. & Russ, R. S. (2015). Dynamic framing in the communication of scientific research: Texts and inter-actions. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2). <https://doi.org/10.1002/tea.21189>
- Dewulf, A. & Biesbroek, R. (2018). Nine lives of uncertainty in decision-making: Strategies for dealing with uncertainty in environmental governance. *Policy and Society*, 37(4), 441–458. <https://doi.org/10.1080/14494035.2018.1504484>
- Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177–197.
- Esfeld, M. (2020). *Science and human freedom*. Palgrave Macmillan.
- Europäische Kommission (2017). Commission notice – EU guidelines for the prudent use of antimicrobials in human health C/2017/4326.
- Fensham, P.J. (2012). Preparing Citizens for a Complex World: The Grand Challenge of Teaching Socio-scientific Issues in Science Education. In A. Zeyer & R. Kyburz-Graber (Hrsg.) *Science | Environment | Health* (7–29). Springer.
- Hansen, J. & Hammann, M. (2017). Risk in Science Instruction: The Realist and Constructivist Paradigms of Risk. *Science & Education*, 26, 749–775. <https://doi.org/gcp4qf>
- Harbarth, S., Balkhy, H. H., Goossens, H. et al. (2015). Antimicrobial resistance: one world, one fight! *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 4(49). <https://doi.org/10.1186/s13756-015-0091-2>

- Haug, S., Schnell, R. & Weber, K. (2021). Impfbereitschaft mit einem COVID-19-Vakzin und Einflussfaktoren: Ergebnisse einer telefonischen Bevölkerungsbefragung. *Gesundheitswesen* 10(2021), 789–796. <https://doi.org/10.1055/a-1538-6069>
- Haynes, B., Devereaux, P. & Guyatt, G. (2002). Clinical expertise in the era of evidence-based medicine and patient choice. *BMJ Evidence-Based Medicine* 2002(7), 36–38. <https://doi.org/10.1136/ebm.7.2.36>
- Heering, P. & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftlichen Forschung* (105–120). Springer.
- Heuckmann, B., Binder, K., Eichler, A., Krüger, D., Romeike, R. & Kremer, K. (2024). Förderung von MINT-Kompetenzen mit Simulationen – eine Standortbestimmung zu Modellierkompetenz, Risikokompetenz und zum Umgang mit Unsicherheit. In C. Angele, C. Bertsch, M. Hemmer, S. Kapelari, G. Leitner & M. Rothgangel (Hrsg.), *Fachdidaktik im Zentrum von Forschungstransfer und Transferforschung* (357–370). Waxmann.
- Hüntelmann, A., Michl, S. & Prüll, L. (2022). Medizingeschichte – Zeitgeschichte der Medizin. Potsdam: ZZf – Leibniz-Zentrum für Zeithistorische Forschung: Docupedia-Zeitgeschichte. <https://doi.org/10.14765/zzf.dok-2458>
- Joint Committee on Health Education and Promotion Terminology. (2001). Report of the 2000 Joint Committee on Health Education and Promotion Terminology. *American Journal of Health Education*, 32(2), 97–104. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2002.tb06501.x>
- Kapitza, M., Tüffers, L., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2020). Den Resistenzen auf der Spur: Außerschulisches Lernen zur Förderung von epistemischen Überzeugungen. *MNU Journal*, 73 (1), 36–40.
- Kapitza, M., Tüffers, L., Schulenburg, H. & Kremer, K. (2021). Tracking down resistances: a co-design approach for a biomedical educational program on antibiotic resistance. *Science Activities*, 58 (2), 52–64. <https://doi.org/10.1080/00368121.2021.1906201>
- Lübke, B., & Heuckmann, B. (2024). Umgang mit Ungewissheit als Charakteristikum von Nature of Science: Eine Begriffsbestimmung und Konzeptionalisierung für die Integration in Lehr-Lern-Konzepte. In B. Reinisch, D. Mahler, & D. Krüger (Hrsg.), *Biologiedidaktische Nature of Science-Forschung: Zukunftsweisende Praxis* (S. 59–70). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-68409-2_6
- Nisbet, M. C. & Mooney, C. (2007). Framing Science. *Science*, 316(5821), 56. <https://doi.org/10.1126/science.1142030>

- Pfister, H. R., Jungermann, H. & Fischer, K. (2017). Unsicherheit. In H.-R. Pfister, H. Jungermann & K. Fischer (Hrsg.), *Die Psychologie der Entscheidung: eine Einführung* (115–167). Springer.
- van Schaik, F. (2023). What happens if ...? Uncertainty in games and climate change education. *Environmental Education Research*, 29(12), 1891–1910. <https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2225811>
- Schenk, L., Hamza, K. M., Enghag, M., Lundegård, I., Arvanitis, L., Haglund, K. & Wojcik, A. (2019). Teaching and discussing about risk: seven elements of potential significance for science education. *International Journal of Science Education*, 41(9), 1271–1286. <https://doi.org/gfz6xr>
- Schmidt, E. (2020). *Einflussfaktoren auf die Intention zur Anwendung von Medizin und Paramedizin unter besonderer Berücksichtigung der schulischen Gesundheitsförderung* [Dissertation, Universität Giessen]. <https://doi.org/10.22029/jlupub-86>
- Schmidt, E., & Minkin, D. (2024): Beutelsbacher Konsens und Esoterische Paramedizin: Gesundheitsförderung aus philosophischer und biologiedidaktischer Perspektive. In A. Martins & P.W. Kranemann. (Hrsg.), *Esoterik und politische Bildung*. Wochenschau Verlag.
- Seoane, M. E., Greca, I. M. & Arriaseq, I. (2022). Epistemological aspects of computational simulations and their approach through educational simulations in high school. *Simulation*, 98(2), 87–102. <https://doi.org/mfxf>
- Sørensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z. & Brand, H. (2012). Health literacy and public health: A systematic review and integration of definitions and models. *BMC Public Health*, 12(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-80>
- Windeler, J., Antes, J., Behrens, J., Donner-Banzhoff, N. & Lelgemann, M. (2008). Randomisierte klinische Studien (RCTF). *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen* 102 (5), 321–325. <https://doi.org/10.1016/j.zefq.2008.05.002>
- Zeyer, A. & Kyburz-Graber, R. (2012). *Science | Environment | Health. Towards a Renewed Pedagogy for Science Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3949-1>
- Zeyer, A., Álvaro, N., Arnold, J., Benninghaus, J. C., Hasslöf, H., Kremer, K., Lundström, M., Mayoral, O., Sjöström, J., Sprenger, S., Gavidia, V. & Keselman, A. (2019). Addressing Complexity in Science | Environment | Health Pedagogy. In E. McLoughlin, O. Finlayson, S. Erduran & P. Childs (Hrsg.), *Contributions from Science Education Research, Selected Papers from the ESERA 2017 Conference* (153–170). Springer.

- Zeyer, A. & Arnold, J. (2021). The Three-Talk Model: Getting Both Evidence and Preferences into a Pre-Service Teacher Health Workshop. *Sustainability*, 13(24), 13937. <https://doi.org/10.3390/su132413937>
- Zeyer, A. (2022). Teaching Two-Eyed Seeing in Education for Sustainable Development. Inspirations from the Science | Environment | Health Pedagogy in Pandemic Times. *Sustainability* 14(10), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su14106343>
- Zeyer, A., Álvaro, N., Claussen, C., Enzingmüller, C., Gavidia, V., Malmberg, C., Mayoral, O., Parchmann, I., Urbas, A. & Kremer, K. (2023). Two-Eyed-Seeing and Scientific Holism in a New Science|Environment|Health Pedagogy. In G. S. Carvalho, A. S. Afonso & Z. Anastácio (Eds.), *Fostering Scientific Citizenship in an Uncertain World. Selected Papers from the ESERA 2021 Conference* (pp. 293–309). Springer.

Informationen zu den Autor:innen

Elvira Schmidt

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Biologiedidaktik
elvira.schmidt@uni-giessen.de
<https://orcid.org/0009-0008-8273-7028>

Beitrag *Mit Computersimulationen zu medizinischen Themen das Verständnis von Unsicherheit und Risiko diagnostizieren und den Umgang mit ihnen fördern*

Simon Blauza

Universität Münster, Zentrum für Didaktik der Biologie
simon.blauza@uni-muenster.de
<https://orcid.org/0000-0002-1272-1804>

Kerstin Kremer

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Biologiedidaktik
kerstin.kremer@uni-giessen.de
<https://orcid.org/0000-0003-2305-3650>

Benedikt Heuckmann

Universität Münster, Zentrum für Didaktik der Biologie
benedikt.heuckmann@uni-muenster.de
<https://orcid.org/0000-0001-5008-6031>

Beitrag *Diskursorientiertes Framing als Tool zur Bewusstseinsbildung bei Schüler:innen zum Thema Antibiotikaresistenzen*

Heide Beranek-Knauer

Karl-Franzens-Universität Graz, Zentrum für Gesellschaft, Wissen und Kommunikation (7. Fakultät)

heide.knauer@uni-graz.at

<https://orcid.org/0000-0002-6555-5440>

Hildrun Walter

Karl-Franzens-Universität Graz, Zentrum für Gesellschaft, Wissen und Kommunikation (7. Fakultät)

hildrun.walter@uni-graz.at

<https://orcid.org/0000-0001-8720-3668>

Lucas Eder

Karl-Franzens-Universität Graz, Zentrum für Gesellschaft, Wissen und Kommunikation (7. Fakultät)

lucas.eder@uni-graz.at

<https://orcid.org/0000-0003-1069-9532>

Helmut Jungwirth

Karl-Franzens-Universität Graz, Zentrum für Gesellschaft, Wissen und Kommunikation (7. Fakultät)

helmut.jungwirth@uni-graz.at

<https://orcid.org/0000-0003-4868-4571>

Beitrag *Strategien zum Umgang mit und Reduktion von Unsicherheit – Schüler:innenvorstellungen zum Thema Impfen*

Julia Arnold

PH FHNW, Zentrum Naturwissenschaften- und Technikdidaktik (ZNTD)

julia.arnold@fhnw.ch

<https://orcid.org/0000-0001-9252-0262>

Albert Zeyer

Pädagogische Hochschule Luzern

albert.zeyer@phlu.ch

<https://orcid.org/0000-0003-4297-0753>

Beitrag Synoptischer Wissenstransfer („Two-Eyed Seeing“): Eine Möglichkeit, medizinische Themen in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren

Albert Zeyer

Pädagogische Hochschule Luzern

albert.zeyer@phlu.ch

<https://orcid.org/0000-0003-4297-0753>

Maximilian Haberbosch, Lisa Jiang, Daniel Hartmuth,
Marius Eckert, Sarah Dannemann, Birgit Jana Neuhaus,
Dörte Ostersehl, Sonja Schaal & Steffen Schaal

Ein systematischer Vergleich der Reflexionsverständnisse in der Biologie-Lehrkräftebildung

Zusammenfassung

Die Reflexion von Unterricht gilt als Schlüssel zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte. Ein Symposium mit anschließendem Round-Table-Gespräch während der FDdB-Tagung 2023 in Ludwigsburg ermöglichte Biologiedidaktiker:innen aus vier lehrkräftebildenden Hochschulen einen systematischen Austausch über das jeweilige Reflexionsverständnis und über die daraus abgeleiteten methodischen Zugänge in Lehre und Forschung einschließlich möglicher Limitationen. Auf dieser Grundlage vergleicht der Beitrag diesbezügliche Überschneidungen und Abweichungen und versucht, durch die Identifizierung gemeinsamer Annahmen und Prinzipien eine Harmonisierung der verschiedenen Zugänge anzustoßen. Alle Zugänge betonen die Bedeutung von Reflexion für die Professionalisierung von Lehrkräften. Dabei zeigt jeder Zugang, abhängig vom Reflexionsverständnis und den methodischen Ansätzen, sowohl Stärken als auch Limitationen auf. Ziel des Beitrags ist es, sich trotz der Vielschichtigkeit der Reflexionszugänge über gemeinsame Ziele für die Lehrkräftebildung zu verständigen.

Abstract

Reflecting on teaching is considered key to the professionalization of prospective teachers. At the 2023 FDdB conference in Ludwigsburg, a symposium followed by a roundtable discussion facilitated a systematic exchange among biology edu-

cation researchers from four teacher training universities. The exchange focused on their understanding of reflection and the resulting methodological approaches used in teaching and research, along with potential limitations. Building on this foundation, the paper compares and contrasts the different approaches in this regard and attempts to initiate a harmonization of the different approaches by identifying common assumptions and principles. All approaches emphasize the importance of reflection for the professionalization of teachers. Each approach, depending on its understanding of reflection and methodological approaches, reveals both strengths and limitations. The aim of the paper is to agree on common goals for teacher training despite the complexity of the approaches to reflection.

1 Unterrichtreflexion in der biologiedidaktischen Lehrkräftebildung

Die Reflexion von Unterricht spielt eine zentrale Rolle in der Lehrkräftebildung, da sie die persönliche Weiterentwicklung fördern und langfristige Verhaltensänderungen unterstützen kann (Korthagen & Vasalos, 2005). Der Reflexionsbegriff wird jedoch inflationär verwendet (Aufschnaiter et al., 2019) und dient als „umbrella term“ (Lenske & Lohse-Bossenz, 2023). Zahlreiche empirische Bildungsarbeiten verzichten zudem auf eine konkrete Definition ihres Reflexionsverständnisses, was die Unschärfe des Begriffs weiter verstärkt (Lenske & Lohse-Bossenz, 2023). Leonhard (2020) weist darauf hin, dass Reflexion nicht als universelle Lösung aller unterrichtlichen Probleme betrachtet werden sollte. Vielmehr bietet eine systematische Reflexion eine Möglichkeit, sich kontinuierlich mit den Herausforderungen des Unterrichtens und der Lehrkräftebildung auseinanderzusetzen. Leonhard (2020) schlägt die Unterscheidung verschiedener Reflexionsmodi vor, die in der schulischen oder universitären Praxis sinnvoll eingesetzt und auch zumindest in Teilen gelernt und eingeübt werden können.

In den Bildungswissenschaften und Fachdidaktiken gibt es bereits Modelle und Konzepte zur Förderung der Reflexion (Levin & Meyer-Siever, 2018; Wyss, 2013). Ausgehend davon werden in diesem Beitrag Überlegungen dazu skizziert und diskutiert, mit welchen Zielen Reflexion in der biologiedidaktischen Lehrkräftebildung konzeptualisiert wird. Die Systematisierung dieser biologiedidaktischen Konzepte kann eine Grundlage für die Diskussion der Frage bilden, inwiefern die spezifisch fachdidaktische Konkretisierung allgemeinerer Reflexionsmodelle Professionalisierungsprozesse unterstützen kann.

Biologiedidaktisch fundierte Planungs- und Handlungsentscheidungen haben maßgeblichen Einfluss auf die Qualität naturwissenschaftlichen Unterrichts, werden jedoch von angehenden Lehrkräften seltener reflektiert als fachunabhängige, allgemeinpädagogische Aspekte (Neuhaus, 2021; Schaal et al., 2022).

In diesem Beitrag werden zuerst die Reflexionsverständnisse, Zielsetzungen und methodischen Zugänge von vier biologiedidaktischen Arbeitsgruppen vorgestellt. Anschließend wird die Zusammenführung der Ansätze präsentiert, die durch den Austausch im Rahmen des Symposiums und des Round-Table-Gesprächs während der FDdB-Tagung 2023 ermöglicht wurde.

2 Reflexionsverständnis und Zugänge der vier biologiedidaktischen Arbeitsgruppen

2.1 Videobasierte Fallarbeit zur Anbahnung der fachspezifischen Reflexionsfähigkeit (UB)

Erfahrungen der Studierenden in Schulpraxisphasen führen nicht zwangsläufig zur Expertise (Hascher 2005). Ein Weg aus der „Erfahrungsfalle“ könnte sein, Unterrichtserfahrungen mit vorhandenem Wissen zu verknüpfen und zu reflektieren.

Das Reflexionsmodell STORIES (Students Training of Reflection in Educational Settings) nach Levin & Meyer-Siever (2018) setzt hier an. Es integriert vier verschiedene Dimensionen einer Reflexion, die aufeinander bezogen werden können: i. Bezug zu Modellen und Theorien, ii. Einnahme unterschiedlicher Perspektiven, iii. Alternativen entwickeln und reflektieren und iv. Bezug zur eigenen professionellen Entwicklung. Angelehnt an dieses Modell wurde an der Universität Bremen ein Lehrkonzept entwickelt, das fremde Unterrichtsvideos integriert (vgl. Jiang und Ostersehl, 2023). Ziel ist, bereits in der universitären Ausbildungsphase die Reflexionsfähigkeit und die Bereitschaft zum Reflektieren von Biologielehramtsstudierenden zu fördern. Das Lehrkonzept wurde in einem Seminar zur Vorbereitung und Planung von Unterricht integriert. Daran schließt ein sechswöchiges Schulpraktikum an, in dem die Studierenden im Tandem zum ersten Mal selbstständig unterrichten und im Anschluss den eigenen Unterricht reflektieren. Die Phasen des Reflektierens werden im Folgenden präzisiert.

Zu Beginn eines Reflexionsprozesses im Seminar als auch später im Schulpraktikum wird ein bedeutsamer Moment aus der beobachteten oder selbst erlebten Unterrichtssituation ausgewählt, über den im weiteren Prozess zielgerichtet nach-

gedacht wird (Kilimann et al. 2020). Dieser Moment wird auf Basis fachdidaktischer Theorien analysiert und bewertet. Damit wird die erste Dimension (i) Fachdidaktische Theorien berücksichtigt. Eine weitere Dimension ist der Einbezug der (ii) Perspektiven der beteiligten Akteur:innen. Diese Eindrücke sollen an sichtbaren Indikatoren begründet werden. Intention dieser Reflexionsdimension (ii) ist, dass dem Reflektierenden das beschränkende Verständnis seiner eigenen Perspektive und damit die Subjektivität bewusst wird. Durch die Berücksichtigung weiterer Perspektiven kann dieses Verständnis erweitert werden. Nach der Analyse und Bewertung der Unterrichtssituation auf Basis von den Dimensionen (i) und (ii) können (iii) Handlungsalternativen abgeleitet und diskutiert werden, die in Hinblick auf die Lerngruppe bzw. den Unterricht sinnvoll erscheinen. Abschließend erfolgt ein Bewusstwerden des persönlichen Lernzugewinns und die Ableitung von persönlichen Zielen für die eigene (iv) Professionalisierung (Jiang und Ostersehl, 2023).

Die vier Dimensionen können unterschiedlich niveauvoll elaboriert werden. Je mehr sinnvolle Verknüpfungen und Argumente zwischen den Dimensionen (i) und (ii) zur Beurteilung des Unterrichts herausgestellt und dialogisch abgewogen werden (Abels, 2011; Jahncke, 2019), desto niveauvoller wird der kognitive Reflexionsprozess von den Forschenden beurteilt. Daran anknüpfend können sinnvolle und abgewogene Handlungsalternativen (iii) und ein Beitrag für die eigene Professionalisierung (iv) abgeleitet werden.

2.2 Entwicklung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Lehr-Lern-Labor (PHL)

Weinert (2002) definiert Kompetenzen als die Fähigkeiten, um Probleme zu lösen und die Bereitschaft, diese Fähigkeiten einzusetzen. Um die Entwicklung der Reflexionskompetenz von angehenden Lehrkräften zu verfolgen, ist es daher notwendig, sowohl die Fähigkeit zur Reflexion als auch die Bereitschaft zu reflektieren, zu erfassen. Zur Förderung der Reflexionskompetenz angehender Biologielehrkräfte wurde an der PHL ein Lehr-Lern-Labor-Seminar entwickelt, in dem Masterstudierende lernen, Biologieunterricht kriteriengeleitet zu reflektieren. Im Verlauf des Seminars verfassen sie zwei Reflexionen zu fremden Videovignetten und zwei Reflexionen zu Videovignetten ihrer eigenen Unterrichtserfahrungen, die in einem komplexitätsreduzierten Rahmen (z. B. durch eine ko-konstruktive Planung mit Dozierenden) gesammelt wurden. Nach jeder schriftlichen Reflexion erhalten die Studierenden individuelles, schriftliches Feedback von den Dozierenden.

Die Beurteilung der schriftlichen Reflexionen basiert auf der Annahme, dass die Fähigkeit des Reflektierens in drei, aus der Literatur abgeleitete, kognitive Teilpro-

zesse (= Anforderungsbereiche: Situationswahrnehmung, Ursachenanalyse und Handlungsalternativen) und hierarchische Niveaustufen unterteilt werden kann (Schaal et al., 2022). Allerdings wird angenommen, dass die in den schriftlichen Reflexionen gezeigte Qualität stark von externen Faktoren, wie beispielsweise der verfügbaren Zeit zum Reflektieren, abhängig ist. Daher sollte bei der Beurteilung der verfassten Reflexionen von der Reflexionsperformanz gesprochen werden, da diese die gezeigte Leistung zu einem spezifischen Zeitpunkt abbildet und nicht zwingend der wahren Reflexionsfähigkeit der Person entsprechen muss.

Die Entwicklung der Reflexionskompetenz im Seminarverlauf ist daher nur indirekt anhand der Beurteilung der Reflexionsperformanz und der Reflexionsbereitschaft möglich. Die Erfassung der Reflexionsbereitschaft wird über eine Fragebogen-Datenerhebung im Prä-Post-Design anhand der Skalen von Neuber & Göbel (2018) zur Einstellung bezüglich der Relevanz von Reflexion, zur individuellen bzw. kollegialen Unterrichtsreflexion und zur systematischen Reflexion vorgenommen. Zur Beurteilung der Reflexionsperformanz werden die Reflexionen mittels qualitativer, strukturierender Inhaltsanalyse anhand des Stufenmodells von Schaal et al. (2022) codiert.

2.3 Biologieunterricht auf Basis von digitalem Schüler:innenfeedback reflektieren (LMU1)

Unterrichtsqualität und Unterrichtsqualitätsmerkmale werden im wissenschaftlichen Diskurs sowohl aus fachübergreifender (vgl. Praetorius et al. 2020) als auch aus biologiedidaktischer Sichtweise (vgl. Dorfner et al. 2019) diskutiert. Objektivierbare, empirisch fundierte Merkmale zur Unterrichtsqualität werden in Modellen nicht explizit in einem dynamischen Unterrichtsgeschehen abgebildet (Neuhaus, 2021). Das Refined Consensus Model of PCK (RCM) beschreibt die sukzessive Entwicklung des Pedagogical Content Knowledge (PCK) durch einen immer wiederkehrenden Zyklus von Planen, Unterrichten und Reflektieren (Carlson et al. 2019; Alonzo et al., 2019). Mit Hilfe von Reflexion entwickelt die Lehrkraft aus fachdidaktischem Wissen (personalPCK; pPCK) fachdidaktische Kompetenz, die sich im unterrichtlichen Handeln zeigt (enactedPCK; ePCK) (Murray, 2015). Diese Reflexion findet häufig nicht bewusst statt und bedarf eines vom Individuum als bedeutsam wahrgenommenen Moments (Berliner, 2020).

Mit Hilfe eines solchen Reflexionsmoments kann es der Lehrkraft gelingen, über die eigene Handlung zu reflektieren (Elliott, 1998). Um einen Reflexionsmoment gerechtfertigt auszulösen, benötigt die Lehrkraft eine verlässliche Information über die eigene Wirkung auf den Unterricht. Dieser Moment kann in Form

eines wiederkehrenden externen Feedbacks (Bijlsma et al., 2022), u. a. auch durch Schüler:innen erfolgen. Sie können durch ihr Feedback Einfluss auf den Unterricht nehmen (Wisniewski et al. 2020).

Ziel des Projektes der LMU ist es, Schüler:innenfeedback für Lehrkräfte für Reflexionsmomente nutzbar zu machen. Methodisch nähern wir uns diesem Ziel an, indem ein visuelles, digitales Feedbacktool für Lehrkräfte entwickelt und empirisch evaluiert wird, das den dynamischen Unterrichtsverlauf aus Lernendensicht widerspiegelt (ausführlich in Hartmuth et al. 2023).

2.4 Durch Schauspieler:innen simulierte Elterngespräche als Gesprächs- und Reflexionsanlass nutzen (LMU2)

Für Lehrkräfte ist professionelle Gesprächsführung im System Schule nicht nur mit Schüler:innen, sondern auch mit Eltern wichtig. Im Bereich der Biologie gibt es fachspezifische Themen wie die Sexualbildung oder Drogen und Sucht, die Gesprächsbedarf bei Eltern auslösen können. Bei derartigen Elterngesprächen stehen Lehrkräfte teilweise vor schwierigen Situationen (Gartmeier et al., 2012). Studierende und unerfahrene Lehrkräfte haben häufig Angst davor oder sind unsicher (Preidel et al., 2009; Schumacher & Lind, 2000). Daher müssen Lerngelegenheiten geschaffen werden, Gespräche über solche Situationen in allen Phasen der Lehrerbildung zu behandeln (Dotger et al., 2009) und reflexiv zu verarbeiten. Dabei gilt es, einen als bedeutsam wahrgenommenen Moment zu schaffen, der Ausgang für die Reflexion ist (Berliner, 2020). In Anlehnung an das RCM (Carlson et al. 2019, vgl. 2.3) kann auch durch das Führen eines Elterngesprächs ein Plan-Teach-Reflect-Zyklus (Alonzo et al., 2019) induziert werden, wobei „Teach“ hier durch „Talk“ zu ersetzen wäre.

In dem hier dargelegten Projekt, anknüpfend an Arbeiten aus der Medizin zum Ärzt:innen-Patient:innen-Gespräch, kommen professionelle Schauspieler:innen in einem simulierten Eltern-Lehrkraft-Gespräch (sELG) als Eltern zum Einsatz. Ziel dieses Projektes ist die Schaffung eines sicheren Erfahrungs- und Reflexionsraums für schwierige Gesprächssituationen (hier: Sexualbildung) bereits im Studium. Dabei soll ein sELG einen bedeutsam wahrgenommenen Moment induzieren, der für die Vorbereitung auf reale Gesprächssituationen genutzt werden kann. Dadurch wird der Plan-Talk-Reflect-Zyklus im Rahmen der Vor- und Nachbereitung des sELG durchlaufen. Untersucht wird dabei, ob die Angst stärker durch das eigenständige Führen eines (simulierten) Elterngesprächs abgebaut wird oder ob die Beobachtung eines solchen ausreicht.

2.5 Interdisziplinäre Praktikumsformate als Reflexionsanlässe für Lehramtsstudierende (MLU)

In diesem Beitrag werden Aspekte der rekonstruktiven Begleitforschung eines an der Leibniz Universität Hannover entwickelten interdisziplinären Praktikumsformats dargestellt, bei dem Masterstudierende der Biologie für das Lehramt an Gymnasien (FD) und der Sonderpädagogik (SP) im Tandem inklusiven Biologieunterricht planen, durchführen und reflektieren (Dannemann & Neugebauer, 2022). Zentrale strukturtheoretische Grundannahmen sind eine Nicht-Standardisierbarkeit von Lehrkräftenhandeln (Helsper, 2002) und die Entwicklung eines wissenschaftlich-reflexiven Habitus als ein wesentliches Ziel der Lehrkräftebildung (Helsper, 2018). Reflexion wird hier als Möglichkeit angesehen, sich mit Erlebtem fragend und sinnverstehend zu befassen und eine „selbstreflexive Auseinandersetzung mit den eigenen Erfahrungen, Orientierungen und Praxen“ anzustoßen (Helsper, 2018, S. 134). Reflexionsanlässe können sich durch Irritationen von Routinen ergeben, in interdisziplinären Praktika etwa durch unterschiedliche Perspektiven auf Erlebtes. An diese theoretische Rahmung knüpft das Konzept der reflektierten Fachlichkeit (Meister & Hericks, 2021) an, das die Differenzen zwischen unterschiedlichen, für den Unterricht wesentlichen Wissensbeständen (Fachwissenschaft – Schulfach, Alltagswissen – fachdidaktisch reflektiertes Wissen) als kommunikative Ressource für die universitäre Lehrkräftebildung hervorhebt. Um reflexive Strukturmomente im Planungshandeln, also solche, die ein Potenzial haben, ein Nachdenken über eigene Denkweisen und Handlungsorientierungen anzuregen bzw. zu erschließen, wird eine rekonstruktive Methode genutzt. Hierbei bildet ein Tandem einen Fall, für den mehrere ausgewählte Sequenzen objektiv hermeneutisch interpretiert werden (Wernet, 2009).

Im skizzierten Fall¹ erweisen sich insbesondere die unterschiedlichen Zugänge zum biologischen Lerngegenstand als Herausforderung. Es etabliert sich latent ein Lehrer:in-Schüler:in-Verhältnis, wobei SP die Schüler:innenrolle einnimmt („Was willst du über so einer Pflanze mehr schreiben? – Die stehen nicht für die Liebe wie beim Schwan.“), während FD in der Rolle der Lehrperson agiert („Also, warum heißt die denn Wasserpest?“). Die Etablierung erfolgt entlang einer Differenz der für das Planungshandeln adressierten Wissensbestände: SD ruft alltägliches, im Zitat symbolisch orientiertes Wissen auf, während FD fachdidaktisch reflektiertes Wissen adressiert, indem auf die namensgebenden Wachstums- und Verbreitungsprozesse der Wasserpest verwiesen wird. Letzteres könnte Planungsprozesse für

1 Die Rekonstruktion der vollständigen Sequenz findet sich in Dannemann & Neugebauer, im Druck.

einen Zugang zum Unterrichtsgegenstand eröffnen, in dem alltägliche Erfahrungen mit biologischen Wissensbeständen verknüpft werden. Dieses Strukturmoment, in dem sich eine Differenz der Orientierungen von SP und FD für das Planungs-handeln zeigt, bietet dem interdisziplinären Tandem Möglichkeiten für das Charakterisieren der jeweils eigenen Denkweise und ein Reflektieren der jeweiligen Potenziale und Grenzen für die Planung von Biologieunterricht. Allerdings bleibt diese strukturell angelegte Möglichkeit zur Reflexion beiden Tandempartner:innen unzugänglich. Es gelingt ihnen (auch im Weiteren) nicht, sich aus dem sich etablierenden Lehrer:in-Schüler:in-Verhältnis – etwa über die Auseinandersetzung im Sinne einer reflektierten Fachlichkeit – zu lösen, was eine gleichberechtigte Planung verhindert. Für die (biologiedidaktische) universitäre Lehrkräftebildung kann die Analyse derartiger Fälle eine Möglichkeit bieten, entsprechende Strukturmomente in Kooperationsprozessen anzusprechen.

3 Vergleich der Reflexionsverständnisse

Jeder Beitrag bildet einen spezifischen Aspekt der biologiedidaktischen Reflexion ab. Im Rahmen der FDdB-Tagung wurde ein Austausch als Round-Table-Gespräch initiiert, um durch das In-Beziehung-Setzen dieser Beiträge ein Gesamtbild zu entwerfen.

Mit den folgenden Abbildungen werden schrittweise Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Reflexionsverständnissen, den Zielsetzungen für die Lehrkräftebildung, den methodischen Annäherungen und den Limitationen der verschiedenen Arbeitsgruppen dargestellt. Stärken und Schwächen werden mit dem Ziel der künftigen Entwicklung eines biologiedidaktischen Reflexionsmodells in Einklang gebracht. Damit soll ein dynamischer Prozess der kooperativen Weiterentwicklung von reflexiven Zugängen in der Aus- und Weiterbildung von Biologielehrkräften angestoßen werden, in dem die Unterschiedlichkeit der theoretischen Hintergründe, Zielsetzungen und Zugänge zur fachdidaktischen Reflexion als Mehrwert betrachtet werden.

In der Zusammenschau der in Abb. 1 dargestellten Reflexionsverständnisse zeigen sich im Wesentlichen drei Zugänge:

1. Reflexion als eine eigenständige und trainierbare Kompetenz, die im Sinne von Weinert (2002) Wissen, Können und Wollen beinhaltet (Zugang UB und PHL),

2. Reflexion als Teilfacette fachdidaktischer Kompetenz (Carlson et al., 2019), wobei sowohl typische Gesprächssituationen als auch Schüler:innenfeedback als Reflexionsanlass genutzt werden (Zugang LMU),
3. Reflexion als sinnverstehender und selbstbezogener Prozess im Rahmen der strukturtheoretisch ausgerichteten Professionsforschung (Helsper, 2002), bei dem die Angemessenheit von pädagogischem Handeln durch die analytische Rekonstruktion von Einzelfällen hinterfragt wird (Zugang MLU).

Trotz unterschiedlicher Reflexionsverständnisse weist die Zielsetzung für die Biologie-Lehrkräftebildung bei allen Ansätzen Übereinstimmungen auf. So werden Reflexionsprozesse zur Förderung der Lehrkräfte-Professionalisierung genutzt. Die Entwicklung eines reflexiven Habitus (bei Zugang UB und PHL im Sinne der Reflexionsbereitschaft und bei Zugang MLU im strukturtheoretischen Sinne) steht in drei von fünf Ansätzen im Fokus.

An die verschiedenen Zielsetzungen der Arbeitsgruppen schließen sich die in Abb. 2 dargestellten methodischen Zugänge zur Überprüfung der Wirksamkeit der konzipierten Interventionen an. Die Interventionen der LMU zielen nicht primär auf die Förderung von Reflexionsprozessen ab, sondern darauf, durch Reflexion die Entwicklung unterschiedlicher fachdidaktischer Kompetenzen zu fördern. Daher wurde in diesen Interventionen auf die explizite Externalisierung der Reflexion verzichtet.

Jeder der methodischen Ansätze weist seine spezifischen Stärken auf, die darauf abzielen, die entsprechende Zielsetzung und das Verständnis für Reflexion angemessen zu berücksichtigen. Dabei ergeben sich für alle Ansätze die in Abb. 3 dargestellten Limitationen.



Abbildung 1: Harmonisierung des Reflexionsverständnisses der Arbeitsgruppen

Durch das Zusammenführen der Ansätze sehen wir eine große Chance für die Lehrkräftebildung und Reflexionsforschung in der Biologiedidaktik. Die kooperative Auseinandersetzung mit verschiedenen Reflexionsverständnissen verspricht, innerhalb der Biologiedidaktik zu einer Ausschärfung der verwendeten Reflexionsbegriffe zu führen. Die geplante Weiterarbeit an einem gemeinsamen Reflexionsmodell aus der Sicht der Biologiedidaktik ermöglicht es, systematisch verschiedene Perspektiven und Blickwinkel auf reflexive Prozesse einzunehmen. Die Anerkennung von Reflexion als trainierbare Fähigkeit eröffnet wertvolle Chancen für die Lehrkräfteprofessionalität. Durch gezielte Übungen in einer objektivierenden Denkrichtung können Biologielehrkräfte biologiedidaktische Aspekte der Unterrichtsreflexion fokussieren. Dies ermöglicht eine systematische Analyse des Unterrichtsgeschehens und die Identifikation von Verbesserungspotenzialen. Gleichzeitig ist es wichtig, die subjektive Dimension der Reflexion zu berücksichtigen. Durch eine subjektivierende Denkbewegung kann die individuelle Bedeut-

Reflexionsanlässe	UB	PHL	LMU (1)	LMU (2)	MLU
Komplexitätsreduzierter Rahmen	■	■	□	■	□
Unterrichtsvideos als Fremdreflexion	■	■	□	□	□
Eigener Unterricht zur Selbstreflexion	■	■	□	□	■
Schüler:innenfeedback	□	□	■	□	■
Simulierte Elterngespräche	□	□	□	■	□
Aussagen oder Handlungen des Tandempartners in interdisziplinären Unterrichtspraktika	□	□	□	□	■
Externalisierung von Reflexion					
Schriftliche Reflexionen	■	■	□	□	□
Mündliche Reflexionen	□	□	□	□	■
Analyse des Datenmaterials					
Qualitative Inhaltsanalyse (deduktiv - theoriegeleitet)	■	■	□	□	□
Fragebogenerhebung (Pre-Post-Design)	□	■	□	□	□
Objektiv hermeneutische Interpretation	□	□	□	□	■

Abbildung 2: Dichotome Übersicht über die methodischen Zugänge der Arbeitsgruppen

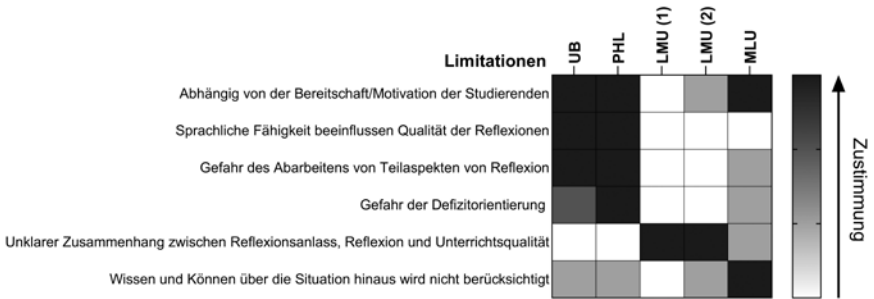


Abbildung 3: Limitationen der methodischen Annäherungen

samkeit von Lernsituationen und Unterrichtshandlungen für die jeweilige Lehrkraft erschlossen werden. Dies fördert die Entwicklung eines reflexiven Habitus, der die Subjektivität und die Situiertheit des Lehrkräftehandelns berücksichtigt.

4 Förderhinweise

An folgenden Standorten wurden die Projekte im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert: Universität Bremen: FKZ 01JA1912, Universität Hannover: FKZ 01JA1806, und Ludwigsburg FKZ: 01JA1907A-E. An der LMU wurde das Projekt zu den Elterngesprächen über zentrale Studienzuschussmittel finanziert.

Literatur

- Abels, S. (2011). *LehrerInnen als „Reflective Practitioner“: Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht* (1. Aufl.). VS Verlag.
- Alonzo, A. C., Berry, A. & Nilsson, P. (2019). Unpacking the complexity of science teachers' PCK in action: Enacted and personal PCK. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 271–286). Springer.

- Berliner, D. C. (2020). Wise ancestors and current social issues as guides to the design of contemporary programs of teacher education. *Action in Teacher Education*, 42(1), 31–37.
- Carlson, J. & Daehler, K. R. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (77–92). Springer.
- Dannemann, S. & Neugebauer, T. (2022). Professionalisierung anbahnen in interdisziplinären Tandems? – Studierende der Biologiedidaktik und der Sonderpädagogik planen gemeinsam Unterricht. *widerstreit-sachunterricht*, 13(Beiheft), 83–106.
- Dannemann, S. & Neugebauer, T. (im Druck). „Was willst du aus so ner Pflanze mehr schreiben?“ – Eine Rekonstruktion der Konzeption des Unterrichtsgegenstands im interdisziplinären Fach(richtungs)-Praktikum. In J. Labede, B. Lindmeier & A. Wernet (Hrsg.), *Rekonstruktive Forschung im und zum Lehramtsstudium*. Springer VS.
- Dorfner, T., Förtsch, C., Boone, W. & Neuhaus, B. J. (2019). Instructional quality features in videotaped biology lessons: Content-independent description of characteristics. *Research in Science Education*, 49, 1457–1491.
- Dotger, S., Dotger, B. H. & Tillotson, J. (2009). Examining how preservice science teachers navigate simulated parent-teacher conversations on evolution and intelligent design. *Science Teacher Education*, 94(3), 552–570.
- Elliott, G. (1998). Lecturing in post-compulsory education: Profession, occupation or reflective practice? *Teachers and Teaching*, 4(1), 161–175.
- Gartmeier, M., Bauer, J., Noll, A. & Prenzel, M. (2012). Welchen Problemen begegnen Lehrkräfte beim Führen von Elterngesprächen? *Die Deutsche Schule*, 104(4), 374–382.
- Hascher, T. (2005). Die Erfahrungsfalle. *Journal für LehrInnenbildung*, (5), 39–45.
- Hartmuth, D. & Neuhaus, B. J. (2023). Biologieunterricht auf der Basis von digitalem Schülerfeedback reflektieren: Entwicklung und Evaluation eines digitalen Tools, um Feedback der Schüler zur Unterrichtsqualität zu erfassen. In S. Müller & S. Schaal (Hrsg.), *Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO, Ludwigsburg* (206–208).
- Helsper, W. (2002). Lehrerprofessionalität als antinomische Handlungsstruktur. In M. Kraul, W. Marotzki & C. Schweppe (Hrsg.), *Biographie und Profession* (64–102). Klinkhardt.
- Helsper, W. (2018). Lehrerhabitus. Lehrer zwischen Herkunft, Milieu und Profession. In A. Paseka, M. Keller-Schneider & A. Combe (Hrsg.), *Ungewissheit als Herausforderung für pädagogisches Handeln* (105–140). Springer.

- Jahncke, H. (2019). *(Selbst-)Reflexionsfähigkeit – Modellierung, Differenzierung und Beförderung mittels eines Kompetenzentwicklungsportfolios*. Hampp.
- Jiang, L. & Ostersehl, D. (2023). Videobasierte Fallarbeit zur Anbahnung der fachspezifischen Reflexionsfähigkeit in die Breite und in die Tiefe. In S. Müller & S. Schaal (Hrsg.), *Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO, Ludwigsburg (193–195)*.
- Kilimann, V., Krüger, S. & Winter, K. (2020). Theoriegeleitete Praxisreflexion als Professionalisierungschance: Modellierung, Konzeptualisierung und Analyse fachspezifischer Reflexionsprozesse von Lehramtsstudierenden. *HLZ – Herausforderung Lehrerinnenbildung*, (2), 325–344.
- Korthagen, F. & Vasalos, A. (2005). Levels in reflection: Core reflection as a means to enhance professional growth. *Teachers and Teaching*, 11(1), 47–71.
- Lenke, G. & Lohse-Bossenz, H. (2023). Stichwort: Reflexion im pädagogischen Kontext. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 26(5), 1133–1164.
- Leonhard, T. (2020). Reflexion in zwei Praxen: Notwendige Differenzierungen zur Konsensformel reflexiver Lehrer_innenbildung. *Herausforderung Lehrer*innenbildung – Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*, 3(2), 14–28.
- Levin, A. & Meyer-Siever, K. (2018). Entwicklung der Reflexionskompetenz im Rahmen eines fächerübergreifenden e-Portfolios. *Resonanz – Magazin für Lehre und Studium an der Universität Bremen*, 24–31.
- Meister, N. & Hericks, U. (2021). Reflektierte Fachlichkeit und doppeltes Praxisverständnis. Studienkonzeptionelle Grundlagen und ihre Umsetzung. In T. Leonhard, P. Herzmann & J. Košinár (Hrsg.), *„Grau, theurer Freund, ist alle Theorie“? Theorien und Erkenntniswege Schul- und Berufspraktischer Studien* (147–162). Waxmann.
- Murray, E. (2015). Improving teaching through collaborative reflective teaching cycles. *Investigations in Mathematics Learning*, 7(3), 23–29.
- Neuber, K. & Göbel, K. (2018). *Schülerrückmeldungen zum Unterricht und Unterrichtsreflexion*.
- Neuhaus, B. J. (2021). Unterrichtsqualität aus der Perspektive der Biologiedidaktik. *Unterrichtswissenschaft*, 49(2), 273–283.
- Praetorius, A. K., Herrmann, C., Gerlach, E., Zülsdorf-Kersting, M., Heinitz, B. & Nehring, A. (2020). Unterrichtsqualität in den Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum – zwischen Generik und Fachspezifik. *Unterrichtswissenschaft*, 48(3), 409–446.

- Preidel, J., Weikamp, J. & Werhand, M. (2009). *Theorie & Praxis des Lehrer Angst und Stress Test: (Lehramts-)StudentInnen & Lehrkräfte im Vergleich*. Universität Regensburg. https://epub.uni-regensburg.de/10894/1/pwp_ss_2009_LAST-neu.pdf
- Schaal, S., Meissner, M. & Schaal, S. (2022). Reflexive Unterrichtspraxis in der Lehrkräftebildung – Fachdidaktische Reflexion im Lehr-Lern-Labor fördern. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 15(1), 5–25.
- Schumacher, K. & Lind, G. (2000). *Praxisbezug im Lehramtsstudium – Bericht einer Befragung von Konstanzer LehrerInnen und Lehramtsstudierenden*. Forschungsbericht. Konstanz. Universität Konstanz.
- Von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer*innenbildung – Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*, 2(1), 144–159.
- Weinert, F. (2002). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (17–31). Beltz.
- Wernet, A. (2009). *Einführung in die Interpretationstechnik der objektiven Hermeneutik* (3. Aufl.). Verlag für Sozialwissenschaften.
- Wisniewski, B., Zierer, K. & Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology*, 10, 3087.
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Empirische Erziehungswissenschaft, Band 44. Münster: Waxmann.

Informationen zu den Autor:innen

Maximilian Haberbosch

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, Fakultät für Kultur- und Naturwissenschaften, Institut für Biologie
 maximilian.haberbosch@ph-ludwigsburg.de
<https://orcid.org/0009-0004-3026-2930>

Lisa Jiang

Universität Bremen, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abteilung Biologiedidaktik
 jiangli@uni-bremen.de
<https://orcid.org/0009-0000-3450-7326>

Daniel Hartmuth

LMU München, Fakultät für Biologie, Lehrstuhl für Didaktik der Biologie
daniel.hartmuth@bio.lmu.de
<https://orcid.org/0009-0002-8063-307X>

Marius Eckert

LMU München, Fakultät für Biologie, Lehrstuhl für Didaktik der Biologie
marus.eckert@bio.lmu.de
<https://orcid.org/0000-0003-1182-3881>

Sarah Dannemann

Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg, Didaktik der Biologie
sarah.dannemann@biodidaktik.uni-halle.de

Birgit Jana Neuhaus

LMU München, Fakultät für Biologie, Lehrstuhl für Didaktik der Biologie
birgit.neuhaus@lrz.uni-muenchen.de
<http://orcid.org/0000-0001-6031-9660>

Dörte Ostersehl

Universität Bremen, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abteilung
Biologiedidaktik
ostersehl@uni-bremen.de
<https://orcid.org/0000-0001-5202-4256>

Sonja Schaal

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Institut für Naturwissenschaften,
Abteilung Biologie
sonja.schaal@ph-gmuend.de
<https://orcid.org/0000-0002-1188-859X>

Steffen Schaal

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, Fakultät für Kultur- und Naturwissen-
schaften, Institut für Biologie
schaal@ph-ludwigsburg.de
<https://orcid.org/0000-0002-4967-8627>

Tracing Trait Formation: Wie erklären Lernende der Sekundarstufe II den Weg vom Gen zum Merkmal?

Zusammenfassung

Wir untersuchten die Kompetenz von Oberstufenschüler:innen ($n = 47$, Alter: 16–17 Jahre), die Ausbildung biologischer Merkmale zu erklären. Dabei kam eine neuartige Aufgabe zum Weg vom Gen zum Merkmal unter Berücksichtigung der relevanten Strukturen und Prozesse (*Tracing Trait Formation*) im Kontext der *Drosophila*-Genetik zum Einsatz. Als Hauptergebnis wurde ermittelt, dass nur sehr wenige Lernende die relevanten Strukturen und Prozesse zum Zusammenwirken von Genen und Umwelt beschrieben. Eine besondere Lernschwierigkeit lag dabei in der selbstständigen Herstellung eines Zusammenhangs zwischen Gen und Genprodukt. Häufig wurden nur die Informationen des Aufgabenmaterials wiedergegeben, ohne auf den Weg vom Gen zum Merkmal einzugehen. Eine weitere Lernschwierigkeit bestand in der unangemessenen Vermischung von Aspekten der Mendelgenetik und Molekulargenetik. Eine Untergruppe von sieben Schüler:innen wurde zu ihren Aufgabenlösungen befragt, um Interpretationen der Aufgabenlösungen zu validieren. Über die Ergebnisse der Interviews wird an anderer Stelle berichtet. Wir diskutieren *Tracing Trait Formation* als Lehr- und Lernstrategie und empfehlen den Einsatz dieses Aufgabentyps zur Wissensvernetzung.

Abstract

We investigated the competence of secondary school students ($n=47$, age: 16–17 years) to explain the formation of traits in a novel task on the path from gene to trait, taking into account the relevant structures and processes (*Tracing Trait Formation*) in the context of *Drosophila* genetics. The learners rarely described

relevant structures and processes related to the interaction between genes and the environment. A particular learning difficulty lay in independently establishing a connection between gene and gene product. Often only the information from the task material was reproduced without going into detail about the path from gene to trait. Another learning difficulty was the inappropriate mixing of aspects of Mendelian genetics and molecular genetics. A subgroup of seven students were interviewed about their task solutions to validate our interpretations. We report on the findings from the interview study in a different paper. We discuss *Tracing Trait Formation* as a teaching and learning strategy and recommend using tracing trait formation tasks for knowledge integration.

1 Einleitung

Die Ausbildung biologischer Merkmale beruht auf dem komplexen Zusammenwirken von Genen und Umwelt und stellt damit kein monokausales Modell dar, bei dem Gene unmittelbar zu Merkmalen führen. Schwierigkeiten von Lernenden bei der mechanistischen Erklärung der Merkmalsausbildung liegen u. a. in der Bevorzugung monokausaler Erklärungen (Gene bzw. Umwelt sind alleine verantwortlich) gegenüber multikausalen und interaktiven Erklärungen sowie in einem sozio-kulturellen (und nicht molekularen) Umweltverständnis, sodass die Wirkungen der Umwelt entweder gar nicht erwogen oder rein phänotypisch begriffen werden (Hammann, Heemann & Zang, 2021). Ein weiteres Problem sind verkürzte Erklärungen, in denen Gene direkt mit Merkmalen in Beziehung gesetzt werden, ohne Genprodukte zu erwähnen und die Mechanismen unterhalb und oberhalb der Genprodukte zu berücksichtigen (Duncan & Reiser, 2007).

Vermutete Ursachen für Probleme bei der Erklärung der Ausbildung biologischer Merkmale unter Berücksichtigung des Zusammenwirkens von Genen und Umwelt sind fehlende Strukturierung und Vernetzung von Wissen, sodass Wissen über genetische und umweltbezogene Mechanismen – falls erworben – nicht anwendungsfähig wird (Pavlova & Kreher, 2013). Gestützt werden derartige Überlegungen durch Strukturdefiziterklärungen (träges Wissen, Renkl, 1996). Empfohlen werden daher Maßnahmen zur Strukturierung und Vernetzung von Wissen (Pavlova & Kreher, 2013) sowie der Einsatz integrativer Aufgaben zum Zusammenhang zwischen Gen, Genprodukt, Umwelt und Merkmal (Heemann & Hammann, 2020). Derartige Aufgaben finden im Genetikunterricht selten Verwendung, wie eine Analyse von Aufgaben (N = 580) in drei wichtigen Schulbüchern für den Genetikunterricht der Oberstufe ergab (Heemann & Hammann 2020). Lediglich

6,9 % der Aufgaben (N = 39) waren integrative Aufgaben, die den Zusammenhang zwischen Gen, Genprodukt und Merkmal adressierten (Heemann & Hammann 2020). Nur zwei dieser Aufgaben thematisierten zusätzlich auch die Wirkungen der Umwelt auf die Merkmalsausbildung. Eine dieser Aufgaben, nämlich „Die Augenfarbe von Drosophila“ (Hausfeld & Schulenberg, 2015), ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchung (vgl. Abb. 5 im Anhang). Sie wurde in dieser Studie nach dem Halbjahreskurs Genetik eines Leistungskurses und eines Grundkurses eingesetzt, um sie als Diagnoseaufgabe zu erproben und um die Fragestellung zu untersuchen, wie gut die Lernenden durch den Unterricht vorbereitet wurden, den Weg vom Gen zum Merkmal unter Berücksichtigung der relevanten Strukturen und Prozesse zu erklären.

2 Bedeutung von Gen-Umwelt-Interaktionen

Multiple Gene sowie multiple Umweltfaktoren interagieren bei der Ausbildung der meisten biologischen Merkmale (Rutter 2006). Die Gen-Umwelt-Interaktion ist daher aus fachlicher Perspektive die Regel und nicht die Ausnahme (Tabery 2014). Aus fachdidaktischer Sicht ist die Gen-Umwelt-Interaktion ein zentraler Aspekt von Genetic Literacy (Boerwinkel, Yarden & Waarlo 2017). Trotz seiner fachlichen und fachdidaktischen Bedeutung findet das Thema international in Lehrplänen (McElhinny et al., 2014), Bildungsstandards (Dougherty et al., 2011) und Schulbüchern (Aivelo & Uitto, 2015; Heemann & Hammann, 2020; Hicks et al., 2014; Martínez-Gracia et al., 2006) keine genügende Beachtung. Darüber hinaus wird kritisiert, dass die Fokussierung des gängigen Genetikunterrichts zur Merkmalsausbildung auf den genetischen Ursachen liegt und der Einfluss der Umwelt marginalisiert wird (Jamieson & Radick, 2017). Dies führe zu unangemessenen genzentrierten und gen-deterministischen Denkweisen (Belief in Genetic Determinism). Letztere werden definiert als die Überzeugung, dass „genetic contributions to phenotypes are exclusively or at least much more important than the contributions of other factors such as epigenetic and environmental ones, even in the case of complex traits such as behaviors and personality“ (Carver et al., 2017). Gefordert werden daher eine Gleichgewichtung genetischer und umweltbezogener Ursachen der Merkmalsausbildung sowie eine fachlich angemessene Adressierung von Gen-Umwelt-Interaktionen im Genetikunterricht (Dougherty 2009; Jamieson & Radick 2017; Todd, Romine & Cook Whitt, 2017).

Über die Problematik des genetischen Determinismus hinaus ergaben Vorarbeiten zu dieser Studie, dass einige der interviewten Lernenden im Alter von 16–17

Jahren dazu neigten, Merkmale (hauptsächlich Persönlichkeits- und Verhaltensmerkmale, wie z. B. Alkoholmissbrauch) allein auf Umweltfaktoren zurückzuführen (Hammann et al., 2021). Ähnlich wie Gen-deterministische Erklärungen waren derartige umweltbezogene Erklärungen monokausal. Darüber hinaus beschrieben die Lernenden die Verursachung der Merkmalsausbildung durch Gene und Umwelt als unabhängig und getrennt (Two-Track Model, vgl. Condit et al. 2009). Genauer gesagt verstanden die meisten Lernenden die Umwelt als sozial und kulturell, sodass sie den Einfluss der Umwelt auf die Ausbildung komplexer Merkmale und Verhaltensweisen phänotypisch im Sinne von Erziehung und Lernen durch Vorbilder (und nicht als Gen-Umwelt-Interaktion) beschrieben. Als unterrichtliche Implikation dieser Befunde wurde u. a. geschlossen, dass die Lernenden Beispiele für Gen-Umwelt-Interaktionen kennenlernen sollten. Dabei sollte die Umwelt molekularisiert werden, um Lernende zu befähigen, die Auswirkungen der Umwelt auf Ebene von Genen und Proteinen molekular-mechanistisch zu erklären (Hammann et al. 2021). Mit Molekularisierung der Umwelt ist gemeint, dass veranschaulicht wird, wie die Umwelt „unter die Haut geht“ (Estruch 2000). Bei der Stressreaktion wird beispielsweise durch das Stresshormon Cortisol ein Transkriptionsfaktor aktiviert, was zur Expression von Zielgenen führt, deren Genprodukte beispielsweise Enzyme der Gluconeogenese sind. So können die Wirkungen des Umweltfaktors Stress auf den Menschen (organismische Ebene) auf der zellulären und molekularen Ebene molekular-mechanistisch erklärt werden (Hammann et al. 2021).

3 Ziele und Fragestellungen

Wir untersuchten die Fragestellung, inwiefern Lernende der Sekundarstufe II nach einem Halbjahreskurs Genetik die Kompetenz besitzen, im Rahmen einer Aufgabe zu Gen-Umwelt-Interaktion den Weg vom Gen zum Merkmal unter Berücksichtigung der relevanten Strukturen und Prozesse zu erklären (*Tracing Trait Formation*).

4 Methode

4.1 Stichprobe

An der Erhebung nahmen 20 Lernende (Gruppe A) eines Grundkurses und 27 Lernende (Gruppe B) eines Leistungskurses im Alter von 16–17 Jahren teil. Diese hatten im Halbjahr vor der Erhebung den Halbjahreskurs Genetik absolviert. Dieser beschäftigt sich laut Lehrplan (MSW NRW, 2013) mit den folgenden Themen: Meiose und Rekombination, Analyse von Familienstammbäumen, Proteinbiosynthese, Genregulation, Gentechnik und Bioethik. Speziell sind die Lehrpläne nach den drei Basiskonzepten System (z. B. Merkmal, Gen, Allel, Genwirkkette, DNA), Struktur und Funktion (z. B. Proteinbiosynthese, genetischer Code, Genregulation, Transkriptionsfaktor, Mutation) und Entwicklung (z. B. Epigenese) strukturiert. Darüber hinaus spezifizieren die Lehrpläne Standards. In einem der Standards zum Umgang mit Fachwissen wurde festgelegt, dass von den Lernenden erwartet wird, dass sie die Auswirkungen verschiedener Gen-, Chromosom- und Genommutationen auf den Phänotyp (u. a. unter Berücksichtigung von Genwirkketten) erklären können (MSW NRW, 2013, 36). Aus Kurzinterviews mit den Lehrkräften vor der Erhebung ging hervor, dass die Genwirkkette als solche nicht explizit unterrichtet wurde, sondern implizit anhand beispielhafter enzymatischer Stoffwechselreaktionen, an denen die Genwirkung deutlich gemacht wurde. Eine integrative Nachverfolgung des Wegs vom Gen zum Merkmal (z. B. über eine Genwirkkette) fand demnach unterrichtlich nicht statt. Auch durch das schulinterne Curriculum sei dieser Lerninhalt nicht vorgesehen. Dennoch erwarteten wir von den Lernenden beider Kurse, dass sie den Weg vom Gen zum Merkmal beschreiben können, da die Lehrpläne alle zur Lösung der Aufgabe erforderlichen Aspekte abdecken (z. B. Gen, Mutation, Proteinbiosynthese, Enzym, Merkmal).

4.2 Die Aufgabe *Tracing Trait Formation*

Wir verwendeten eine neuartige für die Zwecke dieser Studie entwickelte Aufgabe, in der die Lernenden aufgefordert wurden, den Weg vom Gen zum Merkmal unter Berücksichtigung der Strukturen und Prozesse zu beschreiben, die für die Merkmalsausbildung relevant sind (Abb. 5 im Anhang, speziell Teilaufgabe 2 der Diagnoseaufgabe). Die Eignung dieser Diagnoseaufgabe im Hinblick auf diese Intention soll demnach auch im Rahmen dieser Studie erprobt werden. Die Aufgabe orientiert sich am Tracing-Konzept der Aufgabentypen *Tracing Matter* and

Tracing Energy (Parker et al., 2012). Der verwendete Operator *Verfolge* ist nicht Teil des aktuellen Grundstocks an Operatoren (IQB, 2022). Im Fokus der bisherigen Analysen dieser Aufgabe standen die physiologischen, genetischen und umweltbezogenen Mechanismen, die die Lernenden nutzten, um in der ersten Teilaufgabe die Ursachen des Auftretens der roten Augen bei der Cn-Mutante von *Drosophila* zu erklären (Hammann & Brandt, 2022).

Ein Hauptergebnis dieses Auswertungsschritts war, dass nur wenige Lernende molekularmechanistische Überlegungen zur Umwelt (13 %) und zum Zusammenspiel von Genen und Umwelt (13 %) anstellten, da die genetischen und umweltbedingten Mechanismen aus den Materialien schlussfolgernd abgeleitet werden mussten. Speziell wurde im Aufgabenmaterial zwar der Begriff Mutante verwendet, es wurde aber nicht explizit geschrieben, dass Gene für Enzyme codieren und dass die Mutation das Enzym betrifft, das im abgebildeten Biosyntheseweg die Umwandlung von Kynurenin zu 3-Hydroxykynurenin katalysiert. Diese Schlussfolgerung musste von den Lernenden eigenständig gezogen werden, was aber selten erfolgte. Im Gegensatz dazu konzentrierten sich die meisten Lernenden auf die Reproduktion der in den Aufgaben-Materialien präsentierten Informationen zur Ommochrom-Synthese und zu den Auswirkungen verschiedener Aminosäurezugaben im Futter der Wildform und der Mutante. Diese nutzten die Lernenden für kausale Überlegungen zum Futter (21 %), mechanistische Überlegungen zum biochemischen Ommochrom-Syntheseweg (11 %) und eine nicht integrierte (23 %) oder integrierte Kombination (17 %) von kausalen Überlegungen zum Futter und mechanistischen Überlegungen zum Ommochrom-Syntheseweg. An dieser Stelle werden die Ergebnisse zur zweiten Teilaufgabe berichtet, in der die Lernenden aufgefordert wurden, den Weg vom Gen zum Merkmal zu beschreiben. Die Erhebung erfolgte in der Mitte des zweiten Schulhalbjahres der Qualifikationsphase 1. Die Bearbeitung der Aufgabe dauerte ca. 30 Minuten.

4.3 Kategorienbildung und Codierung

Induktiv wurden die drei Kategorien *integrativer Weg unter Berücksichtigung von Gen und Umwelt*, *integrativer genzentrierter Weg* und *stark verkürzter Weg* entwickelt. Schüler:innenantworten, die die biologischen Strukturen Gen, Genprodukt und Merkmal unter Beachtung der Umwelt über biologische Prozesse verbinden, wurden der Kategorie *integrativer Weg unter Berücksichtigung von Gen und Umwelt* zugeordnet. Die Antworten der Lernenden wurden dann der Kategorie *integrativer genzentrierter Weg* zugeordnet, wenn die biologischen Strukturen Gen, Genprodukt und Merkmal über biologische Prozesse verbunden wurden, die Wirkung der

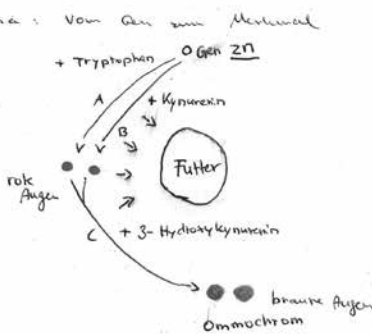
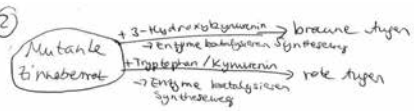
Umwelt aber nicht in den Weg integriert wurde. Zur Kategorie *stark verkürzter Weg* wurden die Antworten der Lernenden zugeordnet, wenn die biologischen Strukturen Gen und Merkmal mit und ohne Berücksichtigung der Umwelt und des Genproduktes über diffuse biologische Prozesse in Verbindung gesetzt wurden.

Diese Kategorien wurden durch die vier aus den Daten entwickelten Typen *Adaptation des Stoffwechselmodells*, *Adaptation des Versuchsschemas*, *Adaptation eines Mendelmodells* und *Proteinbiosynthese* ergänzt. Die Antworten der Schüler:innen wurden dann dem Typ *Adaptation des Stoffwechselmodells* zugeordnet, wenn die schematische Zeichnung oder der ergänzende Text auf dem Syntheseweg der Ommochrom-Synthese (Abb. 1 der Aufgabe im Anhang) basierte. Dem Typ *Adaptation des Versuchsschemas* wurden Antworten der Lernenden zugeordnet, wenn die schematische Zeichnung bzw. der ergänzende Text auf dem Versuchsschema des Experiments (Abb. 2 der Aufgabe im Anhang) beruhte. Antworten der Lernenden, die dem Typ *Adaptation eines Mendelmodells* zugeordnet wurden, zeigten Begriffe und erklärende Konzepte der klassischen Genetik. Sie waren beispielsweise dadurch gekennzeichnet, dass die schematischen Zeichnungen auf Kreuzungs- und Stammbaumschemata beruhen. Dem Typ *Proteinbiosynthese* wurden solche Antworten zugeordnet, die schematische Zeichnungen oder Texte beinhalteten, die die Proteinbiosynthese mit seinen Teilprozessen beschrieben.

5 Ergebnisse

Tabelle 1: Darstellung des Kategoriensystems der Studie mit absoluter Anzahl und anteiligem Prozentsatz zugeordneter Schüler:innenäußerungen sowie Ankerbeispielen.

Kategorie	Anzahl (%)	Ankerbeispiel
Integrativer Weg unter Berücksichtigung von Gen und Umwelt	5 (10.6 %)	<p>Proteinbiosynthese DNA des Zinnoberrot</p> <p>DNA ↓ DNA-Polymerase Replikation</p> <p>mRNA-Herstellung ↓ Transkription</p> <p>Bildung Aminosäureketten ↓</p> <p>Bildung von den entsprechenden Enzymen 3 verschiedene Enzyme</p> <p>entsprechende Sorte (Hydroxykynurenin, tryptophan, Kynurenin)</p> <p>Farbstoff (braune Augen / oder rote Augen)</p>
Integrativer gen-zentrierter Weg	1 (2,1 %)	<p>„Die DNA wird durch die Transkription ‚kopiert‘. {Die Prozesse der Proteinbiosynthese und Enzymbildung werden erklärt}. Kommt es zu einem Fehler bei der Proteinbiosynthese, so ist bei der Entstehung von einem Gen zu einem Merkmal ein Fehler unterlaufen, der zu eben diesem Ergebnis bei der Drosophila führen kann.“</p>

Kategorie	Anzahl (%)	Ankerbeispiel
Stark verkürzter Weg	12 (25,5 %)	<p>Summa: Vom Gen zum Merkmal</p> 
Adaptation des Stoffwechselmodells	8 (17,0 %)	<p>Mutante Zn $\xrightarrow{\text{Enzym A}}$ Kynurenin $\xrightarrow{\text{Enzym B}}$ 3-Hydroxykynurenin</p> <p>Tryptophan \rightarrow Kynurenin \rightarrow 3-Hydroxykynurenin</p> <p>\hookrightarrow Augenfarbe bleibt Rot $\xrightarrow{\text{Enzym C}}$ Ommochrom</p> <p>(+3-Hydroxykynurenin = \rightarrow Ommochrom)</p>
Adaptation des Versuchsschemas	9 (19,1 %)	<p>②</p>  <p>Mutante Tryptophan Synthase</p> <p>+ 3-Hydroxykynurenin \rightarrow braune Augen</p> <p>\rightarrow Enzyme katalysieren Synthese</p> <p>+ Tryptophan / Kynurenin \rightarrow rote Augen</p> <p>\rightarrow Enzyme katalysieren Synthese</p>
Adaptation des Mendelmodells	7 (14,8 %)	<p>Wildtyp $\xrightarrow{+Tryptophan}$ = rezessives Gen (braune Augen)</p> <p>$\xrightarrow{+3\text{-Hydroxykynurenin}}$ = rezessives Gen</p> <p>$\xrightarrow{+Kynurenin}$ = rezessives Gen</p> <p>Mutant $\xrightarrow{+Tryptophan}$ = dominantes Gen, Farbstoff vorhanden</p> <p>$\xrightarrow{+3\text{-Hydroxykynurenin}}$ = dominantes Gen, aber kein Farbstoff vorhanden</p> <p>$\xrightarrow{+Kynurenin}$ = dominantes Gen, Farbstoff vorhanden</p>

Kategorie	Anzahl (%)	Ankerbeispiel
Proteinbiosynthese	3 (6,4 %)	

Die meisten Lernenden beantworteten Teilaufgabe 2 (*Tracing Trait Formation*) der Diagnoseaufgabe (Abb. 5) mit einem identifizierbaren Weg vom Gen zum Merkmal. Dieser hatte jedoch häufig einen stark verkürzten Charakter, sodass die Begriffe Gen und Merkmal meist über diffuse Beziehungen verbunden wurden. Daneben zeichneten zahlreiche Lernende für die Abbildung des Wegs vom Gen zum Merkmal erkennbare Adaptationen aus den Abbildungen der beiden Materialien der Diagnoseaufgabe. Darüber hinaus ist festzuhalten, dass etwa ein Viertel der Lernenden zur Beantwortung der Teilaufgabe 2 die verwendeten Prozesse und Strukturen erkennbar im Sinne der klassischen Genetik auslegte. Im Folgenden werden anhand der Analyse der Wege vom Gen zum Merkmal die verschiedenen Typen von Erklärungsversuchen näher dargestellt und charakterisiert.

Insgesamt zogen 17 Lernende (36,1 %) zur Beantwortung dieser Aufgabenstellung Modellschemata aus den beiden Aufgabenmaterialien der Diagnoseaufgabe

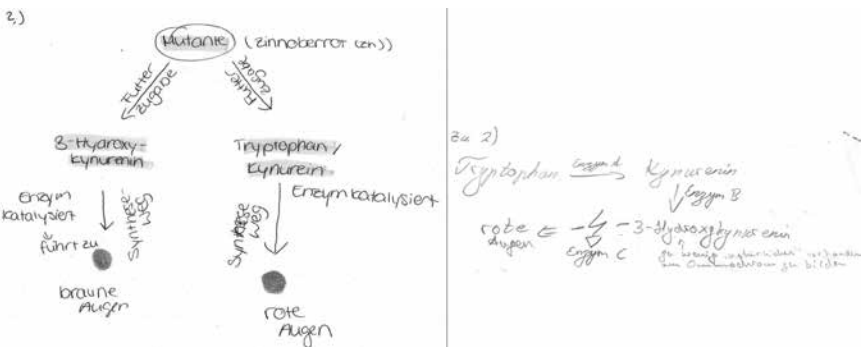


Abb. 1: Beispiele für Adaptationen des Versuchsschemas (links; A6) und des Stoffwechselsmodells (rechts; A12).

(Abb. 5) heran. Speziell wurden die schriftlichen Äußerungen von neun Lernenden (19,1 %) als Adaptation des Versuchsschemas und die schriftlichen Äußerungen von acht Lernenden (17,0 %) als Adaptation des Stoffwechselmodells codiert. Beispielhaft sind die schematischen Zeichnungen von A6 und A12 in Abb. 1 dargestellt.

Sieben Lernende (14,8 %) beschrieben den Weg vom Gen zum Merkmal mit den Begriffen und Konzepten der klassischen Mendelgenetik. Als Beispiel ist in Abb. 2 die Zeichnung der Probandin B21 dargestellt. Die Lernende schrieb: „Beim Kreuzen von 2 Fliegen hat man zunächst 4 Allele, von denen sich 2 auf die Larve übertragen wie oben. Dann kommt es zur Ausbildung des Merkmals durch Synthesen/ Proteinbiosynthese.“

Ein anderer Lernender (B14) fertigte keine Zeichnung an, sondern schrieb: „Das Merkmal der roten Augen ist beim Wildtyp rezessiv, wohingegen das Merkmal beim Mutanten dominant ist. Der Grund dafür ist wohl eine Mutation beim roten oder beim braunen Farbstoff.“

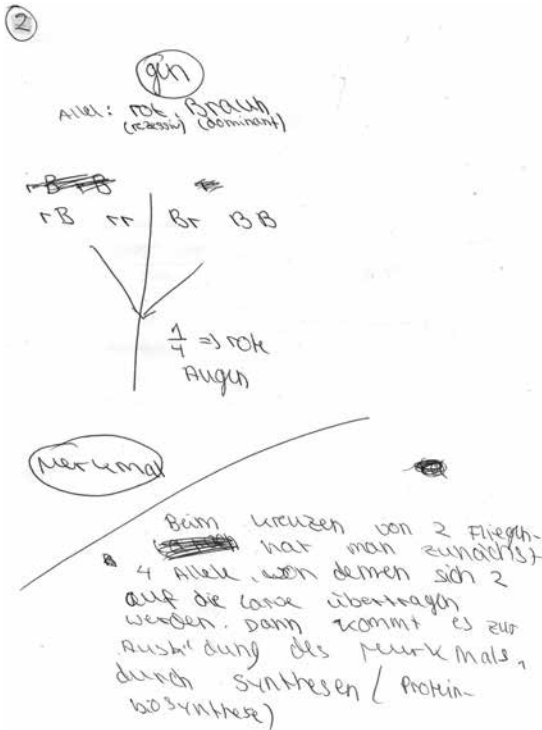


Abb. 2: Beispiel für eine Adaptation des mathematischen Modells der Mendelschen Regeln von B21.

Weit weniger als die Hälfte der Lernenden ($n = 18$; 38,3 %) stellte in ihren Zeichnungen mit zugehörigem Text einen Weg vom Gen zum Merkmal dar. Dazu zählen die stark verkürzten Wege von zwölf Lernenden (25,5 %), der integrative genzentrierte Weg einer Lernenden (2,1 %) und die integrativen Wege unter Berücksichtigung von Gen und Umwelt von fünf Lernenden (10,6 %). Die stark verkürzten Wege benannten zwar das Gen, das Merkmal und meist auch die Umwelt und die Enzyme, jedoch wurden die Begriffe über biologische Prozesse nicht integrativ in Verbindung gesetzt. In den schematischen Zeichnungen wurde dies oft offenbar, indem strukturverbindende Pfeile nicht mit Begriffen bzw. Prozessen beschriftet werden. Die Schüler:innenerklärung im Rahmen eines integrativen genzentrierten Wegs beleuchtete die Entstehung des Enzyms anhand der Proteinbiosynthese und Enzymreifung sehr ausführlich, führte dieses Enzym dann jedoch schließlich als alleinigen Auslöser für die Augenfarbe an: „Kommt es zu einem Fehler bei der Proteinbiosynthese [sic] so ist bei der Entstehung von einem Gen zu einem Merkmal ein Fehler unterlaufen [...]“ (Zitat B4).

Die integrativen Wege unter Berücksichtigung von Gen und Umwelt lassen sich anhand der genannten Prozesse in ihrer Detailliertheit analysieren. Vier der fünf betrachteten Lernenden beschrieben die Mutation als einen Prozess, der auf das genetische Material wirkt. Eine Schülerin nannte nur die Proteinbiosynthese auf dem Weg zum Stoffwechselprozess, während vier Lernende die Prozesse Trans-

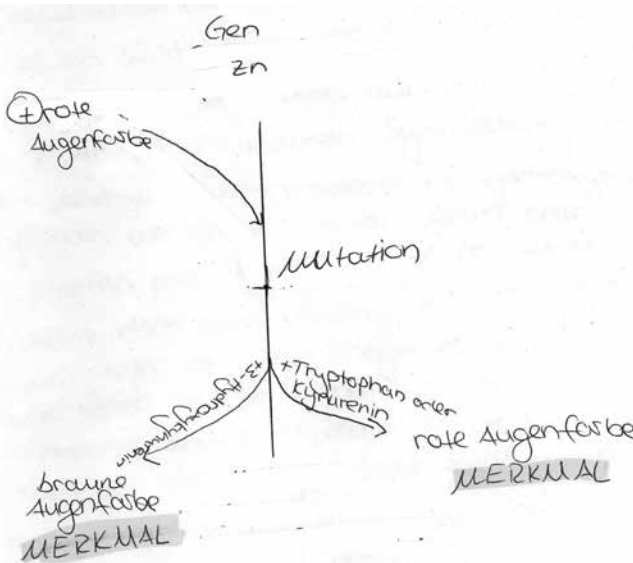


Abb. 3: Beispiel für einen stark verkürzten Weg vom Gen zum Merkmal von B5.

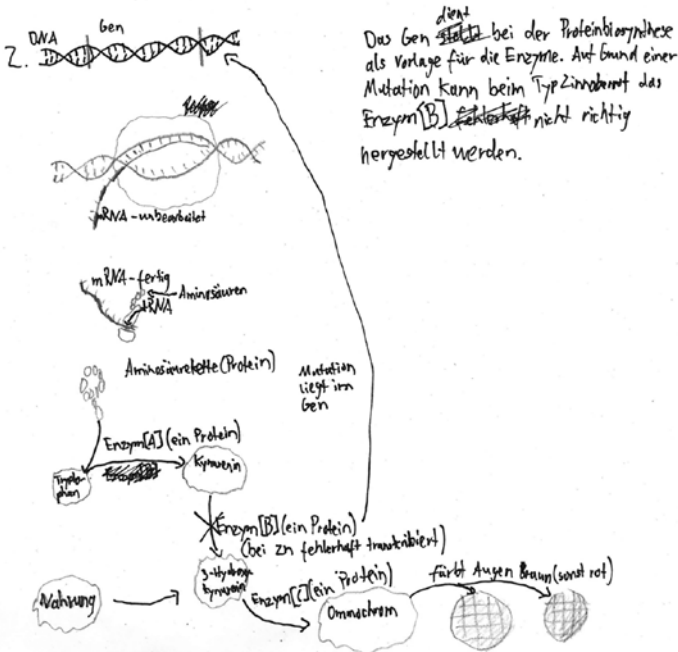


Abb. 4: Beispiel für einen integrativen Weg vom Gen zum Merkmal von B1.

lation und Transkription differenziert mit einbezogen. Zwei von ihnen nannten jedoch die Proteinbiosynthese zusätzlich als Oberbegriff. Ein Lernender implizierte die Prozessierung der mRNA, indem er zwischen einer „unbearbeiteten“ und „fertigen mRNA“ differenzierte (B1). Die Enzymreifung beschrieben zwei Lernende, indem sie die Veränderung einer Aminosäurekette hin zum Enzym abbildeten (B1) oder die Bildung von Enzymen aus Aminosäuren explizit benannten (B4). Alle Lernenden berücksichtigten in ihren Ausführungen die Enzymwirkung im Stoffwechselprozess unter Einfluss der Nahrung und die Merkmalsausprägung. Als Merkmalsausprägung wurde das Entstehen des Augenfarbstoffes als auch die Entwicklung der gefärbten Augen codiert. Beispielhaft werden im Folgenden die schematischen Zeichnungen eines stark verkürzten Wegs und eines sehr detaillierten integrativen Wegs unter Berücksichtigung von Gen und Umwelt gegenübergestellt.

Die Äußerungen von vier Lernenden (8,5 %) ließen sich nicht eindeutig zuordnen. Die Probandin A14 gab in ihrer Antwort, die als Adaptation des Stoffwechselmodells identifiziert wurde, an, dass sie die Aufgabenstellung nicht verstehe.

Neben der Gestaltung von Modellen im Sinne der klassischen Genetik verwendeten elf Lernende (23,4 %) bei der Formulierung einer Lösung zum Weg vom Gen zum Merkmal Begriffe der klassischen Genetik oder legten Begriffe der modernen Genetik klassisch aus. Dabei nutzten viele Proband:innen den Begriff des Allels. Dieses wurden von einer Probandin als Struktur auf den Genen bezeichnet: „Auf dem Gen liegen die Allele für das Merkmal ‚Augenfarbe‘. Das Allel steht für braune Augen [...]“ (Zitat B24). Daneben wurden die Allele auch als dominant oder rezessiv bezeichnet: „[...] und sich somit das rezessive Allel durchsetzen kann“ (Zitat B15).

Das eigenschaftsbeschreibende Gegensatzpaar dominant/rezessiv wurde neben den Allelen auch für die Beschreibung der Farbe (A9) bzw. des Farbstoffs (B10), des Gens (A20; B9) und des Merkmals (B14) benutzt.

Zusammenfassend ist anhand der Antworten zu Aufgabe 2 festzuhalten, dass der Aufgabentyp *Tracing Trait Formation* allgemein dazu dienen kann, Vorstellungen von Lernenden zum Weg vom Gen zum Merkmal abzubilden, da die meisten Lernenden als solches zu charakterisierende Wege konstruieren. Unter den Wegen vom Gen zum Merkmal der Lernenden haben jedoch nur die wenigsten integrativen Charakter, tendieren also zu einem verkürzten Charakter. Es ist erstaunlich, dass zahlreiche Lernende als Abbildung für den Weg vom Gen zum Merkmal aus dem Aufgabenmaterial adaptieren, obwohl in ihnen weder die Begriffe „Gen“ noch „Merkmal“ vorkommen. Die relativ häufige Verwendung von Strukturen und Prozessen im Sinne der klassischen Genetik gibt Anlass zur Diskussion, dem im folgenden Abschnitt nachgekommen wird.

6 Diskussion

Inwiefern vermittelt der Genetikunterricht den Lernenden die Kompetenz, die Ausbildung biologischer Merkmale unter Berücksichtigung von Genen und Umwelt zu erklären? Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können diese Fragestellung zumindest für die beiden untersuchten Grund- und Leistungskurse beantworten. Die Analysen der Aufgabenlösungen belegen, dass ein Großteil der Lernenden Schwierigkeiten bei der Bearbeitung der *Tracing-Trait-Formation*-Aufgabe hatte, obwohl die Lernenden im Rahmen eines Grund- bzw. Leistungskurses mit den Grundlagen der Genetik vertraut gemacht worden waren. Obwohl diese Aufgabe neuartig ist und für die Zwecke dieser Studie entwickelt wurde, entspricht sie im Typ den integrativen Aufgaben, die im Rahmen einer Schulbuchanalyse identifiziert werden konnten und von denen erwartet wurde, dass sie das Denken in

Zusammenhängen und ein integratives Verständnis der Ausbildung biologischer Merkmale fördert (Heemann & Hammann 2020). Die Erprobung einer integrativen Aufgabe zur Ausbildung biologischer Merkmale lässt zwar aufgrund der Stichprobengröße keine allgemeinen Aussagen über die Kompetenzen von Lernenden zu, transportiert aber zumindest normative Erwartungen, welches Zusammenhangswissen und welche darauf bezogene Kompetenzen anzustrebende Outcomes des Genetikunterrichts der Oberstufe sein sollten. Darüber hinaus liefern die Ergebnisse eher bestürzende Einblicke in fragmentiertes Wissen und fehlendes Zusammenhangswissen bei einer erheblichen Zahl der untersuchten Lernenden.

Weniger als die Hälfte der 47 untersuchten Lernenden zeigte ein grundlegendes Verständnis von Strukturen und Prozessen, die an der Ausbildung biologischer Merkmale beteiligt sind, um den Weg vom Gen zum Merkmal zu beschreiben. Vielmehr reproduzierte ein Großteil der Lernenden, die die *Tracing-Trait-Formation*-Aufgabe im Grunde nicht angemessen löste, die Informationen der beiden Aufgabenmaterialien, obwohl diese für die Beschreibung des Wegs vom Gen zum Merkmal wenig relevant waren. Für diese Lernenden dürften die Neuartigkeit der Aufgabe bzw. unvernetztes Wissen über die Ursachen der Ausbildung von Merkmalen Hürden gewesen sein, sodass sie möglicherweise die ihnen vertraute – vielleicht auch antrainierte – Vorgehensweise nutzten, alles, was zur Lösung einer Aufgabe benötigt wird, in den bereitgestellten Aufgabenmaterialien zu suchen. Andere Lernende in dieser Gruppe nutzten die Mendel-Genetik (und nicht die Molekular-Genetik), um den Weg vom Gen zum Merkmal nachzuverfolgen. Diese Lernschwierigkeit belegt die Argumentation, dass die verschiedenen – aber parallel vermittelten – Genmodelle für Lernende verwirrend sind (Gericke & Hagberg, 2007), und zeigt, dass es wichtig ist, den Lernenden explizit zu vermitteln, welche unterschiedlichen Fragestellungen mit den jeweiligen Genmodellen beantwortet werden können. Mit den Erklärungen der Mendel-Genetik lässt sich jedenfalls nicht der Weg vom Gen zum Merkmal, sondern lediglich Phänomene der Vererbungslehre beschreiben.

Ein erheblicher Teil der Lernenden hatte Schwierigkeiten in dieser Aufgabe, die Schlussfolgerung zu ziehen, dass die Auswirkungen der Mutation in der Cn-Mutante von *Drosophila* ein bestimmtes Enzym betreffen, sodass die Ommochrom-Synthese an dieser Stelle abbricht. Ursächlich hierfür dürfte sein, dass vielen Lernenden die Rolle der Enzyme als Vermittler zwischen Genen und Merkmalen unklar war (Hammann & Brandt, 2022). Eben diese Lernschwierigkeit zeigte sich auch in den *stark verkürzten Wegen* vom Gen zum Merkmal, bei denen Gen und Merkmal direkt miteinander verknüpft wurden (vgl. Aufgabenlösung in Abb. 3 oben). Die kleine Gruppe von Lernenden, die nicht verkürzte integrative Aufgabenlösungen erstellten, hatten die Vermittlerrolle der Enzyme zwischen Gen und

Merkmal klar erkannt (vgl. Aufgabenlösung in Abb. 3 unten) und konnten daher auch zum Teil die kompensatorische Wirkung der Umwelt erklären. Die Schlüsselrolle von Enzymen als Genprodukt bei der Realisierung genetischer Information sollte daher im Unterricht betrachtet und die sich anschließende Enzymwirkung zur Erklärung von Merkmalsentstehungen stets mit herangezogen werden, sonst bleibt der mechanistische Weg vom Polypeptid als Genprodukt zum untersuchten Merkmal eine Blackbox.

Als Diagnoseaufgabe erlaubt der eingesetzte Aufgabentyp Einblicke in qualitativ unterschiedliche Verständnisstufen in einem Bereich hoher inhaltlicher Komplexität. Darüber hinaus lässt sich vermuten, dass der Einsatz von *Tracing-Trait-Formation*-Aufgaben zur Wissensvernetzung und Wissensflexibilisierung beiträgt. Derzeit gibt es zu wenige Aufgaben dieses Typs, sodass hier ein Potenzial zur Weiterentwicklung der Aufgabenkultur des Genetikunterrichts liegt. Da Wissensanwendung eine Kompetenz ist, die eingeübt werden sollte (Renkl 1996), empfehlen wir den Einsatz von *Tracing Trait Formation* nicht nur in Form von Aufgaben, sondern auch als Lehr-Lern Strategie zur Förderung von verständnisvollem Lernen. Es kann eine *Tracing-Trait-Formation*-Aufgabe nach dem Erlernen der Teilprozesse der Proteinbiosynthese und des Einflusses der Umwelt auf die Merkmalsentstehung zur Wissensintegration genutzt werden. Daneben kann im Unterricht aber auch der Weg vom Gen zum Merkmal selbst durch eine *Tracing-Trait-Formation*-Aufgabe als Lernausgangspunkt in einem Gesamtzusammenhang kontextualisiert werden, sodass dann innerhalb dieser Aufgabe die Prozesse der Proteinbiosynthese in Abhängigkeit mit der Umwelt untersucht und vernetzt erlernt werden.

Darüber hinaus vermuten wir in dem Operator *Verfolge* ein großes Potenzial zum Einüben und Abrufen komplexer mechanistischer biologischer Prozessklärungen auch außerhalb der Genetik in der Sekundarstufe II. Weitere mögliche sinnvolle Einsätze des Operators könnten z. B. das Verfolgen der Erregungsleitung im Rahmen der Neurobiologie oder das Verfolgen von Stoffen (*tracing matter*) in der Stoffwechselphysiologie sein, wo die Tracer-Methode als fachliches Verfahren selbst auch laut Lehrplan behandelt werden muss (MSB NRW, 2022).

Literatur

Aivelo, T. & Uitto, A. (2015). Genetic determinism in the Finnish upper secondary school biology textbooks. *Nordic Studies in Science Education*, 11(2), 139–152.

- Boerwinkel, D.J., Yarden, A. & Waarlo, A.J. (2017). Reaching a consensus on the definition of genetic literacy that is required from a twenty-first-century citizen. *Science & Education*, 26, 1087–1114.
- Carver, R. B., Castera, J., Gericke, N., Evangelista, N. A. M. & El-Hani, C. N. (2017). Young Adults' Belief in Genetic Determinism, and Knowledge and Attitudes towards Modern Genetics and Genomics: The PUGGS Questionnaire. *PloS One*, 12.
- Condit, C. M., Gronnvoll, M., Landau, J., Shen, L., Wright, L. & Harris, T. M. (2009). Believing in both genetic determinism and behavioral action: A materialist framework and implications. *Public Understanding of Science*, 18(6), 730–746.
- Dougherty, M. J. (2009). Closing the gap: Inverting the genetics curriculum to ensure an informed public. *American Journal of Human Genetics*, 85(1), 6–12.
- Dougherty, M.J., Pleasants, C., Solow, L., Wong, A. & Zhang, H. (2011). A comprehensive analysis of high school genetics standards: are states keeping pace with modern genetics? *CBE – Life Science Education*, 10, 318–327.
- Duncan, R. G. & Reiser, B. J. (2007). Reasoning Across Ontologically Distinct Levels: Students' Understanding of Molecular Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 938–959.
- Estruch, E. (2000). Stress-controlled transcription factors, stress-induced genes and stress tolerance in budding yeast. *FEMS Microbiology Reviews*, 24, 469–486.
- Gericke, N. M. & Hagberg, M. (2007). Definition of Historical Models of Gene Function and Their Relation to Students' Understanding of Genetics. *Science & Education*, 16 (7), 849–881.
- Hammann, M., Heemann, T. & Zang, J. (2021). Why Does Multiple and Interactive Causation Render Comprehension of Genetic Phenomena Difficult and What Could Genetics Educators Do About It? In: M. Haskel-Itah & A. Yarden (Hrsg.). *Genetics Education: Current Challenges and Possible Solutions* (127–144). Cham: Springer International Publishing.
- Hammann, M. & Brandt, S. (2022). High School Student's Causal Reasoning and Molecular Mechanistic Reasoning About Gene-Environment Interplay after a Semester-Long Course in Genetics. In: O. B.-Z. Assaraf & M.-C. P. J. Knipfels (Hrsg.) *Fostering Understanding of Complex Systems in Biology Education* (83–104). Cham: Springer International Publishing.
- Hausfeld, R. & Schulfeld, W. (2015) *BIOskop (Nordrhein-Westfalen, SII)*.
- Heemann, T. & Hammann, M. (2020). Towards Teaching for an Integrated Understanding of Trait Formation: An Analysis of Genetics Tasks in High School Biology Textbooks. *Journal of Biological Education*, 54(2), 191–201.

- Hicks, M.A., Cline, R.J. & Trepanier, A.M. (2014). Reaching future scientists, consumers, & citizens: what do secondary school textbooks say about genomics & its impact on health? *The American Biology Teacher*, 76(6), 379–383.
- IQB (Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen). Gemeinsame Aufgabenpools der Länder. Aufgaben für die Fächer Biologie, Chemie und Physik. Grundstock von Operatoren. Berlin.
- Jamieson, A. & Radick, G. (2017). Genetic Determinism in the Genetics Curriculum. *Science & Education*, 26, 1261–1290.
- Martínez-Gracia, M. V., Gil-Quílez, M. J. & Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, 40(2), 53–60.
- McElhinny, T. L., Dougherty, M.J., Bowling, B. V. & Libarkin, J. C. (2014). The status of genetics curriculum in higher education in the United States: goals and assessment.
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen) (2013). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II: Gymnasium/ Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Biologie Frechen: Ritterbach.
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen) (2022). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II: Gymnasium/ Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Biologie. Frechen: Ritterbach.
- Pavlova, I. & Kreher, S. A. (2013). Exploring undergraduates' understanding of photosynthesis using diagnostic question clusters. *CBE – Life Science Education*, 11, 47–57.
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47(2), 78–92.
- Rutter, M. (2006). *Genes and behaviour: Nature-nurture interplay explained*. Blackwell Publishing.
- Tabery, J. (2014). *Beyond versus: The Struggle to Understand the Interaction of Nature and Nurture*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Todd, A., Romine, W. & Cook Whitt, K. (2017). Development and validation of the learning progression-based assessment of modern genetics in a high school context. *Science Education*, 101(1), 32–65.

Informationen zu den Autoren

Marcus Hammann

Universität Münster

hammann.m@uni-muenster.de

<https://orcid.org/0000-0003-4820-5219>

Sebastian Brandt

Europäisches Gymnasium Bertha-von-Suttner, Schulpraktisches Seminar

Spandau, Berlin

s.brandt@bertha-von-suttner.de

<http://orcid.org/0009-0002-5043-8521>

7 Anhang

Die Augenfarbe von *Drosophila*

Die Taufliede *Drosophila* gehört zu den am besten untersuchten Organismen. Der normale Wildtyp hat braune Augen. Enzyme katalysieren den Syntheseweg des braunen Augenfarbstoffes (Abbildung 1). Ein roter Augenfarbstoff wird gleichzeitig über einen anderen unabhängigen Syntheseweg hergestellt. Der rote Augenfarbstoff wird bei dem Wildtyp jedoch durch den braunen Augenfarbstoff überdeckt. Die Mutante mit dem Namen Zinnoberrot (zn) hat rote statt braune Augen. Die Untersuchung der Mutante ergibt folgende Ergebnisse:

Die Mutante zn bildet normale braune Augen aus, wenn dem Futter der Larven 3-Hydroxykynurenin zugegeben wird. Bei der Zugabe von Kynurenin oder Tryptophan sind die Augen rot. Das Versuchsschema und die Beobachtungen sind in Abbildung 2 dargestellt.

1. Beschreibe in ganzen Sätzen, von was die Augenfarbe bei *Drosophila* abhängt.
2. Verfolge für die Mutante Zinnoberrot (zn) den Weg vom Gen zum Merkmal unter Berücksichtigung aller relevanten biologischen Strukturen und Prozesse. Fertige zunächst eine schematische Zeichnung an. Erkläre zusätzlich diesen Weg in einem zusammenhängenden Text.

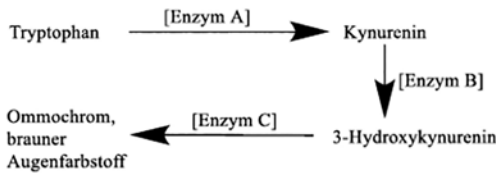


Abbildung 1: Syntheseweg der Ommochromsynthese

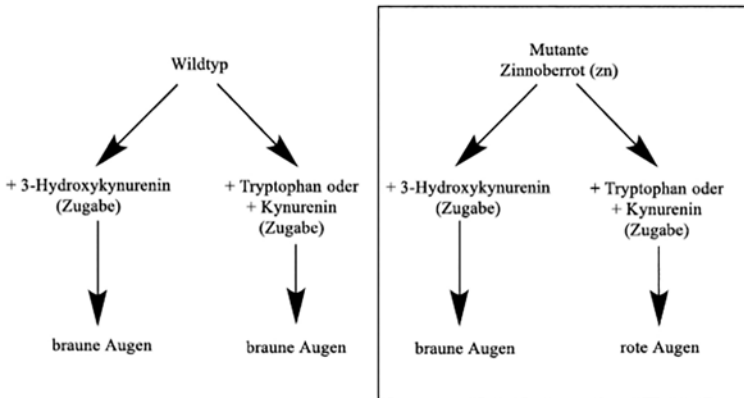


Abbildung 2: Versuchsschema und Beobachtungen

Abb. 5: Diagnoseaufgabe „Die Augenfarbe von *Drosophila*“

Erarbeitung eines Kategoriensystems zum Einsatz immersiver Modelle in der Humanbiologie: eine Studie zu Lernendenvorstellungen und Einbindungsgraden

Zusammenfassung

Die Digitalisierung ermöglicht vermehrt neue Unterrichtszugänge zu naturwissenschaftlichen Phänomenen. Ein Beispiel ist die Immersive Virtuelle Realität (IVR; engl. *immersive virtual reality*). Durch VR-Brillen wird dabei die Illusion einer digitalen Realität erzeugt, die innovative Möglichkeiten zur Darstellung naturwissenschaftlicher Objekte zu Themenfeldern wie der Humanbiologie liefern kann. Dabei fehlen jedoch fachdidaktische Erkenntnisse über die Lernwirksamkeit. Um diese vorzubereiten, wurden in der vorliegenden Studie im Rahmen von Einzelinterviews ($N = 4$) die Interaktionen ausgewählter Lernender mit einem immersiven Herzmodell videografiert. Ziele waren neben den Änderungen der Vorstellungen der Lernenden (FF_1) die Entwicklung eines Kategoriensystems, das Einbindungsgrade des digitalen Mediums mithilfe des Substitution-Augmentation-Modifikation-Redefinition (SAMR)-Modells beschreibt (FF_2). Dieses Kategoriensystem wurde anschließend anhand von vier Einzelfällen pilotiert (FF_3). Die Ergebnisse zeigen ein valides Kategoriensystem, mit dem die Interaktionen der Lernenden mit einem immersiven Modell des menschlichen Herzens untersucht werden können. Diese Ergebnisse können einen Ausgangspunkt für weitere fachdidaktische Studien darstellen, wobei die Untersuchung von Zusammenhängen des Einbindungsgrades digitaler Technologien mit Faktoren wie der kognitiven Aktivierung sinnvoll erscheint.

Abstract

Digitalization is increasingly enabling new teaching approaches to scientific phenomena. One example is Immersive Virtual Reality (IVR). The use of head mounted displays (HMD) creates the illusion of a digital reality, which can provide innovative ways of presenting scientific objects in subject areas such as human biology. However, there is a lack of didactic knowledge about the learning effectiveness. To prepare these, the interactions of selected learners with an immersive heart model were videotaped in the present study as part of individual interviews ($N = 4$). In addition to changes in learners' perceptions (FF_1), the aim was to develop a category system that describes the degree of integration of the digital medium using the Substitution-Augmentation-Modification-Redefinition (SAMR) model (FF_2). This category system was then piloted using four individual cases (FF_3). The results show a valid category system that can be used to investigate learners' interactions with an immersive model of the human heart. These results can provide a starting point for further didactic studies. It would also make sense to investigate the connections between the degree of integration of digital technologies and factors such as cognitive activation.

1 Einleitung

Viele naturwissenschaftliche Inhalte wie das Herz-Kreislaufsystem sind für Lernende nur indirekt zu erschließen, dennoch besitzen Lernende diverse Alltagsvorstellungen zu diesem Thema (Riemeier et al., 2010). Modelle stellen eine Möglichkeit dar, Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Inhalten jenseits von Alltagserfahrungen zu ermöglichen (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2023). Hierfür bietet die fortschreitende Digitalisierung neue technische Möglichkeiten und Repräsentationsformen. Dies betrifft auch neue Technologien wie die immersive virtuelle Realität (IVR; engl. *immersive virtual reality*).

Generell beschreibt die virtuelle Realität Anwendungen, bei denen digitale Darstellungen einen Eindruck von Realität vermitteln (Merchant et al., 2014). Jedoch kann sich die Wahrnehmung stark unterscheiden, da Simulationen wie „Die Sims“ zwar Teile der Realität darstellen, allerdings nur in den wenigsten Fällen als real erlebt werden. Entscheidend ist dabei das Gefühl der *Präsenz*, das den subjektiven Eindruck bezeichnet, sich tatsächlich in einer Umgebung zu befinden (Cummings & Bailenson, 2016; Filter et al., 2020). Ein entscheidender Faktor für das Gefühl von Präsenz ist dabei die *Immersion*, die den Grad an technischen Qualitäten digi-

taler Systeme beschreibt, die Wahrnehmung von Realität zu fördern (Cummings & Bailenson, 2016).

VR-Brillen besitzen ein hohes Maß an Immersion, da diese die virtuelle Realität direkt vor den Augen der Nutzenden einblenden (Hellriegel & Čubela, 2018). Auf diese Weise werden äußere Reize ausgeblendet, wodurch Nutzende sich stärker auf die Inhalte in der IVR konzentrieren (Cummings & Bailenson, 2016). Gerade in den Möglichkeiten, abstrakte Prozesse und Strukturen zu visualisieren, wird IVR ein großes Potenzial für Bildungsprozesse zugesprochen, auch wenn Lerneffekte stärker fachspezifisch untersucht werden müssen (Coban et al., 2022; Matovu et al., 2023).

Um eine Grundlage für entsprechende Evaluationsstudien zu schaffen, wurden in der vorliegenden Studie die Interaktionsmöglichkeiten mit einem immersiven Modell des menschlichen Herzens in IVR mittels Bildschirmaufnahmen qualitativ untersucht.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Vorstellungen von Lernenden zum menschlichen Herzen

Aus konstruktivistischer Sicht ist Lernen immer eine individuelle Konstruktion von Wissen, wobei Lernende bereits vor der Lernsituation über alltagsweltlich geprägte Vorstellungen verfügen (Riemeier et al., 2010). Aus diesem Grund stellen Lernendenvorstellungen eine wichtige Grundlage dar, um wirksame Lernszenarien gestalten zu können (Schrenk et al., 2019). Dies betrifft ebenso die Vorstellungen vom Herzen. In vorhergehenden Studien wurden bezüglich des Aufbaus des Herzens zwischen Zwei- oder Vier-Kammer-Herzen unterschieden, während die Funktion als Blutumwandler-, Bluterwärmer-, Ein- oder Doppelpumpenherz beschrieben wurde (Riemeier et al., 2010; Tab. 1).

Tabelle 1: Lernendenvorstellungen zur Funktion und zum Aufbau des menschlichen Herzens (Riemeier et al., 2010).

Konzeptnamen	Konzepte
Blutumwandler-Herz	Das Herz wandelt sauerstoffarmes Blut in sauerstoffreiches Blut um.
Bluterwärmer-Herz	Durch das Pumpen der Herzmuskulatur wird das Blut erwärmt.
Ein-Pumpen-Herz	Das Herz pumpt das Blut durch den Körper.
Doppelpumpen-Herz	Das Herz pumpt das Blut in die Körper- und in die Lungenpassage.
Zwei-Kammer-Herz	Das Herz besteht aus zwei Kammern. In einer Kammer fließt sauerstoffreiches, in der anderen sauerstoffarmes Blut.
Vier-Kammer-Herz	Das Herz besteht aus vier Kammern, zwei Vorhöfen und zwei Hauptkammern.

2.2 Lernen mit materiellen und virtuellen Modellen

Modelle werden mit unterschiedlichen Absichten im Unterricht eingesetzt. So können sie einerseits als Vermittler für Fachwissen und andererseits zur Erkenntnisgewinnung dienen (KMK, 2020; Krüger & Upmeier zu Belzen, 2021; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2023). In diesem Beitrag wird das Modell als Wissensvermittler eingesetzt. Ein Beispiel für den Modelleinsatz ist die Nutzung als Strukturmodell, das als verkörperte Repräsentationen eines abstrakten Originalobjektes im Biologieunterricht eingebunden werden kann (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2023). Hierfür können sowohl materielle als auch virtuelle Modelle zum Einsatz kommen (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2023).

Unterschiede zwischen materiellen und virtuellen Modellen können auf dem Kontinuum der Realität und Virtualität nach Milgram et al. (1995) nachvollzogen werden, das Objekte zwischen der Realität und Virtualität verortet. Möglich sind ebenfalls Zwischenformen, die als gemischte Realität (MR; engl. *mixed reality*) bezeichnet werden. In Abbildung 1 werden diese drei Formen von Inhalten im Rahmen des Kontinuums der Realität und Virtualität für das Beispiel eines Herzmodells dargestellt.

Die verschiedenen Zugangsmethoden unterscheiden sich in Bezug auf die Möglichkeit der Interaktion und bringen spezifische Vor- und Nachteile mit sich. So ist mit der Realität eine unmittelbare Interaktion möglich, da Gegenstände direkt



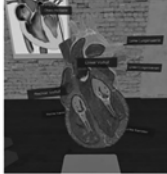
Kontinuum der Realität/Virtualität	Realität	Gemischt	Virtualität
Bezeichnung	Echte Umgebung	Augmented reality (AR)	Virtual reality (VR)
Interaktion	Unmittelbar	Gemischt (unmittelbar und medial)	Medial vermittelt
Art des Modells	Materielles Modell (dreidimensional)	Augmentiertes Modell (dreidimensional und virtuell gemischt)	Virtuelles Modell (immersiv oder nicht-immersiv)
Beispielbilder			

Abbildung 1: Kontinuum der Virtualität und Realität nach Milgram et al. (1995), ergänzt und übertragen auf Herzmodelle

berührt werden können. Jedoch besitzen materielle Modelle ebenfalls Einschränkungen, da einmal erstellte Modelle nur schwer verändert werden können. Darüber hinaus können in der Realität keine zusätzlichen Informationen zur Lernunterstützung platziert werden. Eine solche Lernunterstützung ist im Rahmen der MR und IVR möglich, in der Beschreibungen konkreter Strukturen eingeblendet werden können. Unter anderem deswegen können neue virtuelle Methoden den Biologieunterricht sinnvoll ergänzen.

2.3 Immersive Modelle in virtueller Realität und Einbindungsgrade digitaler Medien

Neben dem Ausgangsmaterial spielt v. a. die Rezeption virtueller Modelle eine große Rolle für die Interaktions- und Lernmöglichkeiten. Dabei gibt es unterschiedliche digitale Geräte, die sich in Bezug auf den Grad an Immersion unterscheiden. Als *immersive Modelle* werden dabei solche Modelle verstanden, mit denen mittels immersiver Geräte wie VR-Brillen interagiert wird. Diese ermöglichen eine als realistisch empfundene Interaktion mit den virtuellen Objekten (Schöne et al., 2019).

Für eine Verwendung im Biologieunterricht sind jedoch noch einige fachdidaktische Fragen zu klären (Büssing, 2021). So wäre zu untersuchen, wann und wie der Einsatz von IVR einen Vorteil gegenüber nicht immersiven Medien mit Blick auf das Lernen biologischer Inhalte bietet (Büssing et al., 2023). Dies dürfte v. a. dann der Fall sein, wenn Geräte nicht nur als Ersatz für analoge Medien genutzt werden.

Aktuelle Studien zeigen dabei, dass zumeist eher ein geringer Einbindungsgrad digitaler Medien vorliegt, da diese zum großen Teil als Ersatz für analoge Medien dienen (Kramer et al., 2019). Als Grundlage einer solchen Kategorisierung gilt das SAMR-Modell, das genutzt werden kann, um den Einbindungsgrad digitaler Medien zu strukturieren (Puentedura, 2014).

Dabei ist die niedrigste Stufe laut Puentedura (2014) die Substitution (S): der reine Ersatz eines vorhandenen Mediums wie eine Tafel durch einen Beamer. Die Augmentation (A) bietet beim bloßen Ersatz noch eine leichte Verbesserung (Puentedura, 2014), wie die automatische Auswertung eines Quiz durch digitale Medien. Eine noch stärkere Integration digitaler Medien bietet die Ebene der Modifikation (M), bei der die Funktionalität durch das digitale Medium verändert wird (Puentedura, 2014). Auf dem letzten Level, der Redefinition (R), werden Interaktionen beschrieben, die erst durch die Verwendung des untersuchten digitalen Mediums ermöglicht werden (Puentedura, 2014). Die Modifikation und Redefinition werden von Puentedura (2014) als Transformation des Unterrichts eingestuft.

3 Ziele der Studie und Forschungsfragen

Die vorgestellte Studie zielt auf die qualitative Untersuchung von Vorstellungsänderungen bei Lernenden sowie die Erarbeitung eines Kategoriensystems zu Einbindungsgraden eines immersiven Herzmodells. Ausgehend von den dargestellten theoretischen Grundlagen geht der Beitrag den folgenden Fragen nach:

Forschungsfrage 1 (FF₁): Inwiefern lassen sich durch das Arbeiten mit einem immersiven Modell fachlich adäquate Vorstellungen bei Lernenden fördern?

Forschungsfrage 2 (FF₂): Welche Interaktionen führen die Lernenden mit einem immersiven Herzmodell mit Bezug zum SAMR-Modell aus?

Forschungsfrage 3 (FF₃): Wie verteilen sich die codierten Einbindungsgrade nach dem SAMR-Modell auf ausgewählte Fallbeispiele?

4 Methodik

4.1 Studiendesign und Stichprobe

Im Rahmen von semi-strukturierten Einzelinterviews wurden vier Lernende einer zehnten Klasse eines Gymnasiums befragt (Tab. 2). Als Teil der Interviews wurden die Lernenden mit einem immersiven Herzmodell auf einer VR-Brille (Oculus Quest) konfrontiert und ihre Interaktionen mittels Bildschirmaufnahme beobachtet. Während vor der Durchführung das Einverständnis der Erziehungsberechtigten eingeholt wurde, waren die Interviews freiwillig und alle Daten wurden anonymisiert ausgewertet und pseudonymisiert berichtet.

Tabelle 2: Zusammenfassung demografischer und inhaltlicher Merkmale der Stichprobe (N = 4)

Item	Anna	Benjamin	Christoph	Daniel
<i>Demografisch</i>				
Geschlecht	w	m	m	m
Alter	15	15	15	15
<i>Vorerfahrungen mit VR-Brillen</i>				
Bereits bekannt	ja	ja	ja	ja
Im Bekanntenkreis	nein	nein	nein	ja, Bruder
Eigene Erfahrungen	nein	nein	nein	ja, ca. 4–5 Std.
<i>Vorerfahrungen Herz</i>				
Im Unterricht behandelt	ja	ja	ja	ja
Modelle eingesetzt	ja, gesehen	nein	ja, gesehen	ja, gesehen
<i>Intervention</i>				
Zeit in [min]	16,82	26,25	20,82	15,53
Quiz zu Beginn	4/5	0/5	4/5	3/5
Quiz zum Abschluss	4/5	4/5	4/5	5/5

<i>Item</i>	Anna	Benjamin	Christoph	Daniel
Was gefiel an der Intervention?	Quiz	Quiz	Rotation und Zoom des Modells, Puls	Freies Lernen

Zum Einstieg in das Interview wurden die Vorerfahrungen und Vorstellungen sowohl zum fachlichen Inhalt, zur Technik als auch der Arbeit mit Modellen erfragt. Daran anschließend bearbeiteten die Lernenden die Aufgabe, den Blutfluss durch das menschliche Herz mit dem Modell und einer Abbildung in der IVR zu beschreiben. Dabei sollten die Lernenden den Blutfluss durch das Herz nachvollziehen. Vor und nach den Aufgaben absolvierten die Lernenden ein am Modell integriertes Quiz. Abschließend wurden erneut die Vorstellungen zu Aufbau und Funktion des menschlichen Herzens erfragt.

4.2 Einsatz des immersiven Herzmodells

Die in der Studie eingesetzte Anwendung stammt von der Firma TRIBOOT® und wurde für den Einsatz in der Forschung zur Verfügung gestellt. Wird die App gestartet, steht die nutzende Person in einem großen, museumsartigen Raum vor einem Herzmodell. Das dargestellte Herz (Abb. 2) pulsiert durchgehend, wodurch das Pumpen des Herzens veranschaulicht wird. Durch einen Querschnitt wird ein Einblick in die innere Struktur des menschlichen Herzens vermittelt.

Das immersive Modell ist mittels der Controller frei beweglich und kann vergrößert oder verkleinert werden. Es gibt zudem einen Lernmodus, in dem über eine eingebaute Quiz-Funktion das eigene Wissen jederzeit überprüft werden kann. Nach Bestätigung der eingeloggten Antwort wird ein Feedback ausgegeben.

4.3 Auswertung

Während die Lernendenvorstellungen (FF_1) anhand vorheriger Studien codiert wurden (Riemeier et al., 2010), wurden die Bildschirmaufnahmen induktiv in Sinnabschnitte eingeteilt, um die Interaktionen und Handlungen der Lernenden kleinschrittig analysieren zu können (Brückmann & Duit, 2014). Die Sinnabschnitte wurden dann den Kategorien des SAMR-Modells zugewiesen (FF_2), wie in Abb. 2 beispielhaft zu sehen ist. Zuletzt wurden die Ausprägungen dieser Kategorien auf die Gesamtzeit der Nutzung innerhalb der Fallbeispiele bezogen (FF_3).





SAMR	Definition	Interaktion	Beispielbilder
S (Substitution)	Ersatz eines analogen Mediums	Ansehen einer zweidim. Skizze	
A (Augmentation)	Funktionsverbesserung durch Einsatz	Einblenden und Auswertung des Quiz	
M (Modifikation)	Digitales Medium erweitert Funktion	Einblenden von Begriffen auf Modell	
R (Redefinition)	Funktion nur durch digitales Medium möglich	Drehen und Interagieren mit Modell	

Abbildung 2: Übersicht der Kategorien des SAMR-Modells bezogen auf das verwendete immersive Modell

Zur Qualitätssicherung wurden Diskussionen über das Kategoriensystems zwischen den Forschenden und eine unabhängige Codierung durch eine dritte Person zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität durchgeführt. Dafür wurden die im ersten Schritt der Codierung entstandenen Abschnitte in eine Excel-Tabelle überführt und unabhängig voneinander doppelt codiert. Als Maß der Validität und Objektivität (Göhner & Krell, 2020) wurde der Cohen's-Kappa-Wert berechnet ($\kappa = 0,821$), weshalb von einer sehr hohen Interrater-Reliabilität gesprochen werden kann (Döring & Bortz, 2016).

5 Ergebnisse

5.1 Vorstellungsänderungen (FF₁)

Alle Lernenden berichten vor dem Interview von der Vorstellung, dass das Herz lediglich zwei Öffnungen besitzt, durch die das Blut einmal herein- und einmal

herausfließt (Tab. 3). Auch Daniel, der von vier Kammern spricht, beschreibt das Herz mit lediglich zwei Öffnungen („Das Herz hat zwei Öffnungen, wo das Blut einmal reinkommt und einmal rauskommt. Dann gibt es einmal links und einmal rechts zwei Kammern“, Daniel).

Entgegen dieser Vorstellung zum Aufbau wird das Herz jedoch fachlich adäquat als (Hohl-)Muskel beschrieben („Das Herz ist auf jeden Fall ein Muskel [...]“, Christoph). Die Funktion des Herzens wird im Präinterview von allen Lernenden als Pumpe beschrieben, die das Blut durch den Körper pumpt („Das Herz ist die Pumpe des Körpers“, Anna). Im Postinterview beschreiben alle Lernenden das Herz korrekt als Vier-Kammer- und Doppelpumpen-Herz („Dann hat man einen rechten Vorhof und eine rechte Kammer und einen linken Vorhof und eine linke Kammer“, Benjamin).

Tabelle 3: Ergebnisse zu den Vorstellungsänderungen der Lernenden

	Anna	Benjamin	Christoph	Daniel
<i>Vorstellungen Aufbau</i>				
Präinterview	Zwei-Kammer-Herz	Zwei-Kammer-Herz	Zwei-Kammer-Herz	Einfaches Vier-Kammer-Herz
Postinterview	Vier-Kammer-Herz	Vier-Kammer-Herz	Vier-Kammer-Herz	Vier-Kammer-Herz
<i>Vorstellungen Funktion</i>				
Präinterview	Ein-Pumpen-Herz	Ein-Pumpen-Herz	Ein-Pumpen-Herz	Ein-Pumpen-Herz
Postinterview	Doppel-pumpen-Herz	Doppel-pumpen-Herz	Doppel-pumpen-Herz	Doppel-pumpen-Herz

5.2 Erarbeitung des Kategoriensystems (FF₂)

Tabelle 4 führt alle Kategorien auf, denen die Interaktionen der Lernenden zugeordnet werden konnten. Anschließend fand die kleinschrittige Analyse der Interaktionen mit diesen statt. Das Drehen und Zoomen des Modells (Code 2) wird im SAMR-Modell als Redefinition eingestuft, da materielle Modelle zwar ebenfalls gedreht und näher betrachtet werden können, dabei aber keine Informationen dynamisch je nach Betrachtungswinkel eingeblendet werden. Ferner ist auch die Bewegungsfreiheit in den Raumrichtungen in der IVR weniger eingeschränkt, da das Modell nicht auf einem festen Sockel eingebettet ist und zudem zusätzlich zum Näherherangehen ein Zoomen bietet.

Tabelle 4: Entwickeltes Kategoriensystem mit Integration der SAMR-Kategorien nach Puentedura (2014)

<i>Code</i>	<i>SAMR</i>	<i>Name</i>	<i>Erklärung</i>
1	M	Umsehen im virtuellen Raum	User:in sieht sich im Raum um.
2	R	Drehen und Zoomen des Modells	User:in dreht und/oder zoomt das Modell.
3	A	Antwort einloggen	User:in loggt im Quiz eine Antwort ein.
4	S	Betrachtung der Skizze	User:in schaut die an der Wand hinter dem Modell angebrachte Skizze des Herzens an.
5	A	Betrachten des Modells und/oder der Antwortmöglichkeiten	User:in schaut sich während des Quiz die Antwortmöglichkeiten und/oder das Modell an.
6	M	Betrachten des Modells mit Beschriftungen	User:in betrachtet das Modell lediglich.

5.3 Pilotierung des Kategoriensystems (FF₃)

Über alle Fallbeispiele hinweg fanden Kodierungen im Bereich der Redefinition mit 45,7 % ($SD = 7,2$ %; Min = 34,2 %; Max = 53,4 %) und der Modifikation mit durchschnittlich 14,5 % ($SD = 8,6$ %; Min = 7,5 %; Max = 28,9 %) statt (Abb. 3). Die Verteilungen bei Daniel weichen leicht ab, da aufgrund eines Aufnahmeproblems die Bearbeitung des ersten Quizdurchlaufs nicht aufgezeichnet wurde.

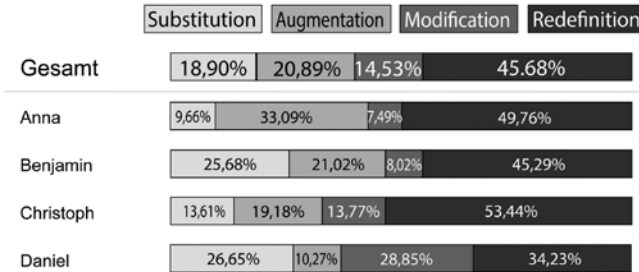


Abbildung 3: Ergebnisse der Pilotierung des Kategoriensystems aufgeschlüsselt nach Proband:innen sowie den Kategorien des SAMR-Modells

Die Lernenden hoben in den Interviews das Drehen und Zoomen als besonders positiv hervor („[Ich finde es] am besten, dass man das Herz die ganze Zeit drehen konnte und heranzoomen konnte [...]“, Christoph, Tab. 1). Generell hatten die Lernenden jedoch anfangs Schwierigkeiten mit der Steuerung der App. Dies äußerte sich besonders beim ersten Anklicken der Quiz-Schaltfläche im virtuellen Raum durch den im realen Raum ausgestreckten Finger („Hä? Also jetzt rangehen, oder wie? Ok, krass!“, Benjamin). Dies betraf nur Daniel nicht, dem das Tragen einer VR-Brille bereits bekannt war. Nach dieser anfänglichen kurzen Eingewöhnungsphase wurde die Bedienung allerdings als intuitiv berichtet und schnell umgesetzt.

6 Diskussion

6.1 Vorstellungsänderungen

Der Vergleich der in den Ergebnissen dargelegten Vorstellungen und Äußerungen der Lernenden (FF_1) zeigt auf, dass diese nach der Interaktion mit dem immersiven Modell fachlich adäquatere Vorstellungen berichteten (Riemeier et al., 2010). Nur bei Daniel fiel aufgrund seines Vorwissens der Lerneffekt geringer aus, auch wenn er seine Vorstellungen trotzdem erweitern konnte. Riemeier et al. (2010) diskutieren, dass die Vorstellung eines Vier-Kammer-Herzens von Lernenden häufig verworfen wird, da sie nicht begründen können, warum vier Kammern notwendig sind. Dies kann nur gelingen, wenn Lernende die Beziehung zwischen Struktur und Funktion verstehen. Mit Blick auf neue Visualisierungsmöglichkeiten solcher komplexer Zusammenhänge könnte IVR zielführend eingesetzt werden (Matovu et al., 2023).

6.2 Kategoriensystem

In Bezug auf die zweite Forschungsfrage (FF_2) kann die sehr gute Interrater-Reliabilität als ein Hinweis auf ein valides Kategoriensystem gedeutet werden. Hervorzuheben ist allerdings, dass die Codes für vielfältige Handlungen in der IVR stehen. Diese Handlungen wurden durch die Aufgabenstellung gesteuert, weshalb der Einbindungsgrad auch mit der Aufgabe und dem Aufgabenformat zusammenhängt. Gerade für die IVR fehlen hier zum Teil noch Aufgabenformate und didaktische Konzepte zur Einbindung in den Fachunterricht (Kramer et al., 2019).

Eine mögliche Perspektive wäre dabei, die Tiefenstruktur des Einsatzes immersiver Medien in den Fokus zu nehmen. Diese Studien könnten auch untersuchen, bei welchen Aufgabenformaten eine höhere Immersion zu einer höheren Lernleistung führt, da erste Studien sowohl für die MR als auch für die IVR lernförderliche Potenziale nahelegen (Zhang & Wang, 2021). Das Kategoriensystem zu den Einbindungsgraden kann die Grundlage für solche Arbeiten darstellen.

6.3 Pilotierung des Kategoriensystems

Die Ergebnisse der Pilotierung des Kategoriensystems (FF_3) zeigten, dass ein Großteil der Interaktionen in dieser Stichprobe nach dem SAMR-Modell im Bereich der

Transformation (Modifikation & Redefinition) eingeordnet werden konnten. Diese Interaktionen sind nicht mit einem herkömmlichen materiellen Modell möglich. Mit Blick auf den aktuellen Einsatz digitaler Medien, der zumeist als bloßer Ersatz eines analogen Mediums stattfindet (Kramer et al., 2019), könnte IVR somit neue Aufgabenformate für den Unterricht ermöglichen.

Die vorliegende Studie war dabei auf die Nutzung eines Strukturmodells und die Erläuterung des Aufbaus und der Funktion des Herzens bezogen. Es ist jedoch auch denkbar, in IVR auch Hilfestellungen für methodisches sowie prozedurales Wissen anzubieten (Arnold et al., 2017). Diese könnten direkt auf virtuelle Objekte eingeblendet werden, was beispielsweise beim freien Setzen von Schnitten durch das Herz sinnvoll erscheint. Der Einsatz könnte ebenfalls für Objekte interessant sein, die makroskopisch nicht zugänglich sind.

Im konkreten Unterrichtseinsatz müssen diese Möglichkeiten jedoch ebenfalls in Bezug auf die Herausforderungen sowie das Vorhandensein entsprechender Technik abgewogen werden (Büssing, 2021). Auch können sich vereinzelt negative Reaktionen wie Übelkeit einstellen, weshalb bestimmte Regeln eingehalten werden sollten. Diese betreffen den Einsatz über einen Zeitraum von maximal 15 Minuten und das Einhalten des Mindestalters von zwölf Jahren (Büssing et al., 2023).

6.4 Limitationen

In der Studie wurden Aufgaben mit Bezug zur Beschreibung des Aufbaus und der Funktion des Herzens gestellt, was zwar die Verbindungen zu fachlichen Vorstellungen beinhaltet hat, jedoch nicht das volle Potenzial des immersiven Mediums ausgenutzt hat. So war das Modell nur in Bezug auf das Schlagen des Herzens dynamisch, tiefergehende Interaktionen wie eigene Schnitte durch das Herz waren nicht möglich. Zudem beantwortet das qualitative Studiendesign nicht die Frage nach der generellen Lernwirksamkeit sowie der Langfristigkeit der veränderten Lernendenvorstellungen, sondern ermöglicht fundierte Studien zu diesen Fragestellungen aus fachdidaktischer Perspektive.

7 Ausblick

Die Lernenden haben in dieser Studie mit einem immersiven Modell frei interagiert und berichteten im Anschluss fachlich adäquatere Vorstellungen zum Aufbau und zur Funktion des menschlichen Herzens. Während weitere quantitative Studien

zur Generalisierung dieser Lernergebnisse notwendig sind, konnte im Rahmen von vier Fallbeispielen mit Blick auf die Interaktionen festgestellt werden, dass sich diese nach dem SAMR-Modell zu einem Großteil im Bereich der Redefinition einordnen lassen.

Methodisch wäre durch den Einsatz von Eyetracking eine weitere Ausschärfung des hier präsentierten Kategoriensystems möglich, da präziser die Blickbewegungen der Lernenden verfolgt werden könnten.

Neben diesen Weiterentwicklungen sollten Anwendungen spezifischer für den Unterricht konzipiert werden und dabei auf entsprechende Lernendenvorstellungen Rücksicht nehmen. Diese könnten im Rahmen von Learning analytics auch sinnvoll für die Gestaltung von Hilfestellungen in IVR genutzt werden. So wäre je nach Einsatzszenario denkbar, dass zukünftige immersive Anwendungen zum menschlichen Herzen je nach Lernendenvorstellung den Blutfluss simulieren, ein freies Setzen von Querschnitten oder das Dekomponieren des Modells in einzelne Bestandteile ermöglichen.

Inwieweit diese neuen virtuellen Lernszenarien flächendeckend Anwendung finden können, wird jedoch neben der Verbreitung der notwendigen Hardware v. a. von den zu erzielenden Lernergebnissen abhängen, für die neben den Versprechungen innovativer Technologien eine fachdidaktisch fundierte Begleitung entscheidend ist.

Literatur

- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Brückmann, M. & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (189–201). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_16
- Büssing, A. G. (2021). Nachhaltigkeit in Virtual Reality erfahrbar machen: Immersive Naturerlebnisse mit 360-Grad-Videos. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 74(5), 375–380.
- Büssing, A. G., Gebert, T. & Meier, M. (2023). Immersive virtuelle Realität im Biologieunterricht: Grundlagen zu virtuellen Naturerlebnissen in 360°. *Unterricht Biologie*, 47(487), 46–47.

- Coban, M., Bolat, Y. I. & Goksu, I. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 36(11), 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>
- Cummings, J. J. & Bailenson, J. N. (2016). How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. *Media Psychology*, 19(2), 272–309. <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Filter, E., Eckes, A., Fiebelkorn, F. & Büssing, A. G. (2020). Virtual Reality Nature Experiences Involving Wolves on YouTube: Presence, Emotions, and Attitudes in Immersive and Nonimmersive Settings. *Sustainability*, 12(3823), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su12093823>
- Göhner, M. & Krell, M. (2020). Qualitative Inhaltsanalyse in naturwissenschafts-didaktischer Forschung unter Berücksichtigung von Gütekriterien: ein Review. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 207–225. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00111-0>
- Hellriegel, J. & Čubela, D. (2018). Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>
- KMK. (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen*. Wolters Kluwer Deutschland GmbH. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf
- Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M. & Neuhaus, B. J. (2019). Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 131–160. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00096-5>
- Krüger, D. & Upmeyer zu Belzen, A. (2021). Kompetenzmodell der Modellierkompetenz – Die Rolle abduktiven Schließens beim Modellieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 127–137. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00129-y>
- Matovu, H., Ungu, D. A. K., Won, M., Tsai, C.-C., Treagust, D. F., Mocerino, M. & Tasker, R. (2023). Immersive virtual reality for science learning: Design, implementation, and evaluation. *Studies in Science Education*, 59(2), 205–244. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2082680>

- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In H. Das (Hrsg.), *Telematic Manipulator and Telepresence Technologies* (Bd. 2351, Nummer December 1995, 282–292). <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Puentedura, R. R. (2014). *Building Transformation: An Introduction to the SAMR Model*. http://www.hippos.com/rpweblog/archives/2014/08/22/Building-Transformation_AnIntroductionToSAMR.pdf
- Riemeier, T., Jankowski, M., Kersten, B., Pach, S., Rabe, I., Sundermeier, S. & Gropengießer, H. (2010). Wo das Blut fließt. Schülervorstellungen zu Blut, Herz und Kreislauf beim Menschen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 77–94.
- Schöne, B., Wessels, M. & Gruber, T. (2019). Experiences in Virtual Reality: a Window to Autobiographical Memory. *Current Psychology*, 38(3), 715–719. <https://doi.org/10.1007/s12144-017-9648-y>
- Schrenk, M., Gropengießer, H., Groß, J., Hammann, M., Weitzel, H. & Zabel, J. (2019). Schülervorstellungen im Biologieunterricht. In *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (3–20). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_1
- Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2023). Modellieren. In H. Gropengießer & U. Harms (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (1. Aufl., 316–327). Aulis.
- Zhang, W. & Wang, Z. (2021). Theory and Practice of VR/AR in K-12 Science Education—A Systematic Review. *Sustainability*, 13(22), 12646. <https://doi.org/10.3390/su132212646>

Informationen zu den Autor:innen

Dorian Thomsen

Technische Universität Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften

dorian.thomsen@tu-braunschweig.de

<https://orcid.org/0009-0009-5075-0364>

Alexander Büssing

Technische Universität Braunschweig, Institut für Fachdidaktik der
Naturwissenschaften

alexander.buessing@tu-braunschweig.de

<https://orcid.org/0000-0001-6482-4226>

Besseres biologisches Verständnis durch Anwendung von Multimedia-Prinzipien auf eine Text-Bild-Kombination zur synaptischen Übertragung

Zusammenfassung

Am Beispiel einer Text-Bild-Kombination (TBK) zu den Vorgängen an einer chemischen Synapse aus einem Schulbuch untersuchen wir in zwei Experimenten, inwiefern durch die Anwendung ausgewählter und fachdidaktisch gezielt kombinierter Multimedia-Prinzipien (Studie 1: *räumliche Kontiguität, Signaling, Segmenting*) bzw. durch die unterschiedliche Abfolge der Darbietung von Text und Bild (Studie 2: *Sequencing*) der *Mental load* verringert und das Verständnis von Lernenden der Einführungsphase der Sekundarstufe II im Vergleich zum Ausgangsmaterial gesteigert werden können. Beide Studien liefern Hinweise dafür, dass die Anwendung der Prinzipien das fachliche Lernen mit einer TBK zu diesem Inhalt positiv unterstützen kann. Insbesondere in Experiment 1 zeigten sich ein deutlich verringerter *Mental load* ($d = 1.04$) und ein höherer Lernerfolg ($r = .29$) bei der Arbeit mit dem modifizierten Material. Die Aussagekraft der Ergebnisse und die Übertragbarkeit auf weitere Fachinhalte werden im Beitrag diskutiert sowie Implikationen für Forschung und Praxis aufgezeigt.

Abstract

Using the example of a text-picture combination on the processes at a chemical synapse from a textbook, we investigate in two experiments to what extent the application of selected and didactically specifically combined multimedia principles (study 1: *spatial contiguity, signaling, segmenting*) and the different sequence

in the presentation of text and picture (study 2: *sequencing*) can reduce the mental load and increase the understanding of learners in the introductory phase of upper secondary school compared to the original material. In essence, both studies provide evidence that the application of the principles can positively support subject-specific learning with a text-picture combination on this content. Experiment 1 in particular showed a significantly reduced mental load ($d = 1.04$) and greater learning success ($r = .29$) when working with material modified. The significance of the results and their transferability to other subject content are discussed in the article, as well as the implications for research and practice.

1 Einleitung

Das selbstständige Lernen durch das Lesen von (Lehr-)Buchtexten erfordert – insbesondere in der Sekundarstufe II (Sek. II) – fast immer eine aktive Verarbeitung und Integration von Informationen aus einem Text und den korrespondierenden, instruktionalen Abbildungen. Werden Prozesse abgebildet, sind dabei neben strukturellen Aspekten auch die Veränderungen im zeitlichen Verlauf zweidimensional visualisiert (Nerdel et al., 2019) und es finden i. d. R. mehrere Organisationsebenen (z. B. Zelle, Organell und Molekül) Berücksichtigung. Derartig komplexe Prozessabbildungen finden sich z. B. bei der Proteinbiosynthese, der Atmungskette oder eben bei den Vorgängen an der chemischen Synapse.

Erfolgreiches Lernen mit Text-Bild-Kombinationen (TBK) setzt voraus, dass es Lernenden gelingt, den Leseprozess so zu gestalten, dass die in Text und Bild enthaltenen Informationen – mit Blick auf das Lernziel – selektiv entnommen, adäquat aufeinander bezogen und dann stimmig miteinander und mit dem Vorwissen verknüpft, d. h. integriert werden. Nur dann stellt sich der als Multimedia-Effekt bezeichnete Lernvorteil gegenüber dem Lernen mit ungebildetem Text ein (Mayer, 2005). Einschlägige Multimedia-Prinzipien (MMP) finden jedoch in der unterrichtlichen Praxis kaum Anwendung (Scheiter et al., 2020). Daher ist das Ziel der durchgeführten Studien, die Anwendung ausgewählter Prinzipien auf einen zentralen obligatorischen Unterrichtsinhalt zu untersuchen und deren Effektivität bei der Unterstützung des fachlichen Lernens mit einer TBK, die eine komplexe Prozessabbildung enthält, zu überprüfen. Sie bilden den Einstieg in eine Reihe laufender Studien, die sowohl digitale Anwendungen als auch weitere MMP in den Blick nehmen.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Verschiedene Arbeiten zum Biologielernen mit TBK haben gezeigt, dass dieses wegen des sich ergänzenden Informationsgehalts beider Formate mit hohen Anforderungen an die Lernenden verknüpft ist (z. B. Ziepprecht, 2016; Beck & Nerdel, 2019), denn das Erschließen von Informationen aus TBK erfordert Fähigkeiten sowohl im Umgang mit dem schriftlichen Material als auch mit den Bildern (verbale und piktoriale Lesefähigkeit; Schnotz, 2002). Beide Fähigkeiten sind im Biologieunterricht in besonderem Maße gefordert, da die Lernenden hier mit einer großen Vielfalt an verbalen sowie bildlichen Repräsentationen konfrontiert werden (Beck & Nerdel, 2019). In naturwissenschaftlichen Kontexten stellen bereits Text und Bild für sich genommen hohe Anforderungen an die Lesekompetenz. Die Integration beider Elemente generiert zusätzliche Anforderungen durch Integrations- oder auch Kohärenzbildungsprozesse (Seufert, 2003). Diese erfordern einen aufwändigen, die Informationen vergleichenden, metakognitiv überwachten und regulierten Leseprozess, denn eine Vielzahl an Entscheidungen zu Such- und Orientierungsprozessen in Text und Bild muss getroffen, überwacht und angepasst werden.

Lernende aber arbeiten häufig ökonomisch, indem sie „den hohen kognitiven Aufwand der Integration verschiedener Repräsentationen“ vermeiden (Seufert, 2009, S. 46). Sie fokussieren typischerweise zunächst auf den Text, zumal Bilder in den Vorstellungen der Lernenden nur das illustrieren, „was zuvor in einem Text gelesen worden ist“ (Ziepprecht et al., 2017, S. 37). Informationen der Bilder werden oft nur oberflächlich verstanden und Bilddetails übersehen (Brandstetter-Korinth, 2017).

Aus der Multimedia-Forschung sind zwei Ansätze bekannt, wie diesen Problemen begegnet werden kann. Dabei werden materialbasierte von lernerzentrierten Ansätzen unterschieden (Scheiter et al., 2020), um „die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses beim multimedialen Lernen optimal zu nutzen“ (Seufert & Brünken, 2018, S. 577). So sollen beide Ansätze Lernende darin unterstützen, Text und Bild bei der Entnahme von Informationen gleichermaßen zu berücksichtigen sowie nicht lernförderliche Textverarbeitungsprozesse zu minimieren. Dadurch wird die kognitive Belastung (*Cognitive load*) verringert und die Lernleistung erhöht (Mayer, 2005). Die in der Forschung weniger verbreiteten, verwandten Konstrukte *Mental load* und *Mental effort* folgen einer ähnlichen Logik, werden z. T. synonym genutzt (Schnaubert & Schneider, 2020) und in der biologiedidaktischen Forschung verwendet (Krell, 2017).

Überblicksarbeiten zur Effektivität von MMP zeigen, dass sich durch die räumliche Nähe von Text- und zugehörigen Bildabschnitten (*räumliche Kontiguität*,

Schroeder & Cencki, 2018), das Hervorheben von Korrespondenzen in Text und Bild durch Farben oder Verweise (*Signaling*; Alpizar et al., 2020) und eine Untergliederung in sinnvolle Abschnitte (*Segmenting*; Mayer, 2009) jeweils kleine bis große Effekte auf die Verarbeitung der Inhalte erzielen lassen. Zudem kann es bei manchen Inhalten lernförderlich sein, die Reihenfolge der Präsentation von Text und Bild anzupassen, d. h., das Bild oder den Text zuerst bearbeiten zu lassen (*Sequencing* bzw. *Picture-first* vs. *Text-first*). Dabei sind die Effekte des *Sequencing* größer, wenn zunächst mit dem weniger komplexen Medium begonnen wird bzw. wenn eine Passung des abgefragten Wissenstyps zum zuletzt betrachteten Medium besteht (Eitel & Scheiter, 2015).

Anwendungen dieser Prinzipien bei der Gestaltung von Unterrichtsmaterialien sind aber noch selten und bisher nur in Ansätzen untersucht (Scheiter et al., 2020). Für den Biologie- und Chemieunterricht liegen einzelne unterrichtspraktische Vorschläge mit entsprechend didaktisierten TBK vor (z. B. Lumer & Winter, 2019; Lumer & Wlotzka, 2019; Lumer, 2023). Empirische Evidenz zur Unterstützung des Lernens mit komplexen fachspezifischen Abbildungen durch gezielt modifizierte TBK ist daher ein Desiderat. Hier setzen die durchgeführten Studien an und liefern ökologisch valide Erkenntnisse über eine fachdidaktisch fokussierte Anwendung ausgewählter, etablierter MMP. Dazu wurden in Studie 1 solche ausgewählt und so kombiniert, dass in besonderem Maße der notwendige informationsvergleichende Leseprozess angebahnt und unterstützt wird.

3 Wissenschaftliche Fragestellung

Am Beispiel einer Schulbuchseite (Walory & Westendorf-Bröring, 2015) zur synaptischen Übertragung wurde in zwei Experimenten untersucht, inwieweit durch Anwendung ausgewählter MMP der *Mental load* verringert und das fachliche Verständnis bei Lernenden der Einführungsphase in die Sek. II gesteigert werden kann. Die Forschungsfrage lautet:

Welche Effekte hat in Studie 1 eine kombinierte Anwendung von *räumlicher Kontiguität*, *Signaling* und *Segmenting* auf eine Schulbuchseite zur synaptischen Übertragung bzw. in Studie 2 die Anwendung von *Sequencing* durch Variation der Reihenfolge der Bearbeitung von Text und Bild (*Picture-first* vs. *Text-first*) auf den *Mental load*, den *Mental effort* und das Verständnis der Vorgänge der synaptischen Übertragung bei Lernenden der Einführungsphase?

4 Design und Methodik

4.1 Experimentelles Design

In zwei separaten, randomisierten Experimenten wurden am Beispiel der synaptischen Übertragung die Effekte einer kombinierten Anwendung ausgewählter MMP (Studie 1: ohne vs. mit Anwendung der Prinzipien) bzw. der Variation der Reihenfolge der Bearbeitung von Text und Bild (Studie 2: *Text-first* vs. *Picture-first*) auf die wahrgenommene kognitive Belastung (*Mental load*), den Einsatz bei der Bearbeitung (*Mental effort*) und die Lernergebnisse untersucht.

4.2 Stichprobe

An den beiden Studien nahmen insgesamt 121 Lernende am Ende der Einführungsphase der Sek. II teil. Die Lernenden in Studie 1 ($n = 56$) stammten aus Niedersachsen, besuchten ein staatliches Gymnasium oder ein bischöfliches Mädchengymnasium und waren 16–17 Jahre alt. Die Lernenden in Studie 2 ($n = 65$) stammten aus Nordrhein-Westfalen, besuchten eines von zwei staatlichen Gymnasien oder eine bischöfliche Gesamtschule und waren 15–17 Jahre alt.

4.3 Durchführung

Vor der Intervention bearbeiteten die Lernenden einen Vorwissenstest als Kontrollvariable (vgl. 4.4). Anschließend erfolgte in beiden Studien eine randomisierte Zuteilung zu einer Experimental- und einer Kontrollgruppe. Der Posttest (vgl. 4.4) erfolgte unmittelbar nach der Materialbearbeitung, aber ohne Vorliegen des Materials. Insgesamt standen für Testungen und Intervention 90 Minuten zur Verfügung.

4.4 Untersuchungsmaterial

Für die Auswahl des Ausgangsmaterials aus „Biologie Heute SII“ (Walory & Westendorf-Bröring, 2015) waren drei Kriterien entscheidend. Erstens die Passung zum Lernziel (Lernende erläutern die Schritte der synaptischen Übertragung). Zweitens war hier nur der Austausch bzw. die Ergänzung einzelner Begriffe nötig, um die

gewünschte isolierte Verwendung außerhalb einer Unterrichtssequenz zu ermöglichen. Konkret wurden z. B. die Fachbegriffe Aktionspotenzial und Neuron durch die alltagssprachlich verständlicheren Synonyme Erregung und Nervenzelle ersetzt. Drittens erforderte Studie 2, dass sowohl *Text-first* als auch *Picture-first* sinnvoll möglich waren, und zudem keine klare Beeinflussung der Testergebnisse durch das letztbenutzte Medium erfolgte (vgl. Kap. 2). Daher fiel die Wahl auf diese TBK mit vergleichsweise hoher inhaltlicher Redundanz von Text und Bild.

4.5 Material Studie 1

In Studie 1 arbeitete die Experimentalgruppe (n = 28) mit einem hinsichtlich *räumlicher Kontiguität*, *Signaling* und *Segmenting* modifizierten Material. Dabei zielten alle Anpassungen darauf ab, die Lernenden dabei zu unterstützen, beide Repräsentationen gründlicher wahrzunehmen, die lernzielrelevanten Informationen zu fokussieren, abzugleichen und zu verarbeiten. Die Kontrollgruppe (n = 28) erhielt das leicht veränderte Ausgangsmaterial (Abb. 1).



Abb. 1: Ausgangsmaterial (links, © Westermann Gruppe, Braunschweig) und modifiziertes Multimediamaterial (rechts) aus Studie 1

Im Folgenden werden die wesentlichen Anpassungen erläutert und begründet. Zunächst wurde der Ausgangstext orientiert am Inhalt in zwei große Segmente unterteilt (*Segmenting*): erstens räumliche Orientierung der Strukturen an einer chemischen Synapse (Abb. 1a), zweitens Schritte der Erregungsübertragung

(Abb. 1b). Da das Bild für das Verständnis beider Teile wesentlich ist, wurde es zweifach in unmittelbarer Nähe zum Textsegment eingesetzt (*räumliche Kontiguität*).

Erregungsübertragung

Manche Nervenzellen (Neurone) leiten Signale aus dem Zentralnervensystem an Muskeln und bewirken so deren Kontraktion. Diese Informationsübertragung von einem Neuron auf eine andere Zelle erfolgt an speziellen Kontaktstellen, den Synapsen.

Besonders gut erforscht sind die Synapsen zwischen Neuronen und Muskelfasern, die **motorischen Endplatten** (siehe Abb.).

Das Neuron endet in kurzen Verzweigungen mit zur **Muskelfaser** hin abgeflachten **Endknöpfchen**. Dabei gibt es keinen direkten Kontakt zwischen der Membran eines Endknöpfchens, der **präsynaptischen Membran**, und der Membran der Muskelfaser, der **postsynaptischen Membran**. Zwischen beiden Membranen liegt ein schmaler Zwischenraum, der **synaptische Spalt**.

Daher kann die Erregung nicht in Form von Ionenströmen von einer Zelle auf die andere übertragen werden. Mithilfe eines Überträgerstoffes, eines Neurotransmitters, wird der Spalt überbrückt. An der motorischen Endplatte dient **Acetylcholin** als Neurotransmitter. Man spricht von einer chemischen Synapse.

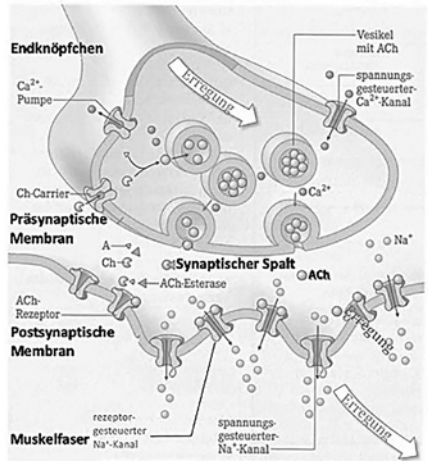


Abb.: Motorische Endplatte;
ACh Acetylcholin, A Acetat und Ch Cholin

Abb. 1a: Erster Teil des modifizierten Multimediaterials (Studie 1)

Um den Einstieg über die räumliche Orientierung zu forcieren, wurden die korrespondierenden Fachbegriffe für die Strukturen in Text, Bild und Abbildungsunterschrift durch Fettdruck optisch hervorgehoben (*Signaling*; z. B. prä- und postsynaptische Membran, synaptischer Spalt; Abb. 1a). Zusätzlich wurde die Farbtintensität des Bildes herabgesetzt, sodass die aus fachlicher Perspektive zunächst unwesentlichen Bilddetails in den Hintergrund treten (*Signaling*). Der erste Textabschnitt wurde zudem in vier Segmente unterteilt (*Segmenting*), um Signale zum Pausieren im Leseprozess zu setzen und den Abgleich der Informationen von Text und Bild anzuregen.

1 Erreicht eine Erregung des Neurons ein Endknöpfchen, so öffnen sich dort spannungsgesteuerte Calcium-Ionenkanäle.

8 Nach der Inaktivierung der spannungsgesteuerten Natrium-Ionenkanäle gelangen keine weiteren Natrium-Ionen in die Muskelfaser. Verschiedene Ionenpumpen stellen die ursprüngliche Ionenverteilung wieder her. Schließlich wird das bei der Spaltung des Acetylcholins entstandene Cholin über einen Carrier in das Endknöpfchen transportiert und erneut zur Synthese von Acetylcholin genutzt.

7 Das Enzym Acetylcholinesterase, das sich im synaptischen Spalt befindet, spaltet Acetylcholin komplett in unwirksames Acetat und Cholin, sodass sich die Natrium-Ionenkanäle in der postsynaptischen Membran schließen.

6 An der motorischen Endplatte wird nun der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt. Auf der präsynaptischen Seite entfernt eine spezifische Ionenpumpe Calcium-Ionen aus dem Endknöpfchen und beendet so die Ausschüttung von Acetylcholin.

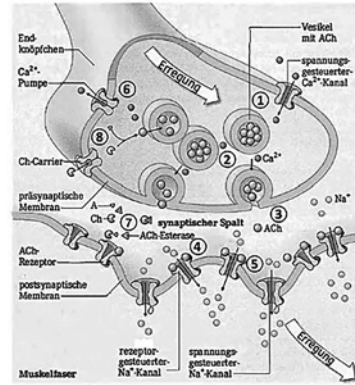


Abb.: Motorische Endplatte; ACh Acetylcholin, A Acetat und Ch Cholin

2 Die aufgrund des Konzentrationsunterschiedes in das Endknöpfchen einströmenden Calcium-Ionen bewirken, dass die synaptischen Vesikel, in denen Acetylcholin gespeichert wird, zur präsynaptischen Membran transportiert werden.

3 Durch Exocytose wird Acetylcholin in den synaptischen Spalt ausgeschüttet.

4 Es gelangt durch Diffusion an die postsynaptische Membran und bindet dort an spezifische Rezeptormoleküle. Dabei handelt es sich um Natrium-Ionenkanäle, die sich öffnen, sobald jeweils zwei Moleküle Acetylcholin gebunden wurden. Die daraufhin in die Muskelfaser einströmenden Natrium-Ionen bewirken eine Ladungsänderung an der postsynaptischen Membran.

5 Überschreitet die Ladungsänderung einen bestimmten Schwellenwert, öffnen sich schlagartig spannungsgesteuerte Natrium-Ionenkanäle. Der zusätzliche Einstrom von Natrium-Ionen verstärkt die Ladungsänderung, sodass eine Erregung entsteht und sich über die Membran der Muskelfaser ausbreitet. So wird die Erregung des Neurons auf die Muskelfaser übertragen. Dies führt letztlich zu deren Kontraktion.

Abb. 1b: Zweiter Teil des modifizierten Multimediainformation (Studie 1)

Der folgende Text wurde, angepasst an die Schritte der synaptischen Übertragung, in acht Sinnabschnitte aufgegliedert (*Segmenting*) und so um das Bild herum angeordnet, dass die Beschreibung eines Schrittes möglichst nah an der zugehörigen Bildinformation zu finden ist (*räumliche Kontiguität*; Abb. 1b). Die Textsegmente wurden zudem gerahmt, wieder als Signal zum Pausieren und als Anstoß des Informationsabgleiches. *Signaling* wurde genutzt, um die Aufmerksamkeit auf den jeweils inhaltlich korrespondierenden Bildausschnitt zu lenken: erstens durch Einfügung der 1 bis 8 und zweitens durch Markierung der beteiligten Ionen und Transmitter bei Nennung im Text in der Farbe, die die entsprechenden Symbole im Bild tragen. Über die Anwendung der drei MMP hinaus wurden weitere typografische Merkmale berücksichtigt, die das Gesamterscheinungsbild der gestalteten Seite und damit die Lesbarkeit beeinflussen (vgl. Lumer et al., 2024).

4.6 Material Studie 2

In Studie 2 erhielt die Kontrollgruppe (n = 33) zunächst nur den Fließtext des Ausgangsmaterials (*Sequencing*) und nach zehn Minuten zusätzlich das Bild (*Text-first*), während die Experimentalgruppe (n = 32) zunächst für zehn Minuten nur mit dem Bild arbeitet (*Picture-first*; Abb. 2).

Kontrollgruppe

Zwei Frageblätter (siehe Studie)

[] [] [] [] [] [] [] []

Erregungsübertragung an einer chemischen Synapse

- *Erarbeite dir die Schritte der Erregungsübertragung*
- *Beachte dabei, welche Moleküle und Strukturen daran beteiligt sind und in welcher Art und Weise die Erregung weitergeleitet wird.*
- *Nutze das Konzeptpapier für deine Notizen.*

Manche Nervenzellen (Neuronen) übermitteln Informationen, etwa über Reize aus der Umwelt, an Neurone des Zentralnervensystems. Anders, sogenannte Motoneurone, leiten Signale aus dem Zentralnervensystem an Muskel- und Drüsenzellen zu deren Kontraktion. Diese Informationsübertragung von einem Neuron auf eine andere Zelle erfolgt an speziellen Kontaktstellen, den Synapsen. Besonders gut erforscht sind die Synapsen zwischen Motoneuronen und Muskelzellen, die muskarbilen Endplatten. Das Axon des Motoneurons endet bei der von ihm kontrollierten Muskelzelle in kurzen Verzweigungen mit zur Muskelzelle hin abgeführten Endknöpfchen. Dabei gibt es keinen direkten Kontakt zwischen der Membran eines Endknöpfchens, der präsynaptischen Membran, und der Membran der Muskelzelle, der postsynaptischen Membran. Zwischen beiden Membranen liegt ein schmaler, etwa 300 nm breiter Zwischenraum, der synaptische Spalt. Daher kann die Erregung nicht in Form von Ionenströmen von einer Zelle auf die andere übertragen werden. Mithilfe eines Überträgerstoffes, eines Neurotransmitters (das, zusammen mit Neurohormonen, wird der Spalt überbrückt. Man spricht daher von einer chemischen Synapse.

An der muskarbilen Endplatte dient Acetylcholin als Neurotransmitter. Erreicht eine Erregung des Motoneurons ein Endknöpfchen, so öffnet sich dort spannungsgesteuerte Calcium-Ionenkanäle. Die aufgrund des Konzentrationsunterschiedes in das Endknöpfchen einströmenden Calcium-Ionen bewirken, dass die synaptischen Vesikel, in denen Acetylcholin gespeichert wird, zur präsynaptischen Membran transportiert werden. Durch Exozytose wird Acetylcholin in den synaptischen Spalt ausgeschüttet. Es gelangt durch Diffusion an die postsynaptische Membran und bindet dort an spezifische Rezeptoren. Dabei handelt es sich um Natrium-Ionenkanäle, die sich öffnen, sobald jeweils zwei Moleküle Acetylcholin gebunden wurden. Die daraufhin in die Muskelzelle einströmenden Natrium-Ionen bewirken eine Ladungsänderung an der postsynaptischen Membran. Überschreitet die Ladungsänderung einen bestimmten Schwellenwert, öffnet sich schlagartig spannungsgesteuerte Natrium-Ionenkanäle. Der zusätzliche Einstrom von Natrium-Ionen verstärkt die Ladungsänderung, sodass eine Erregung entsteht und sich über die Membran der Muskelzelle ausbreitet. So wird die Erregung des Motoneurons auf die Muskelzelle übertragen. Dies führt letztlich zu deren Kontraktion.

An der muskarbilen Endplatte wird nun der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt. Auf der präsynaptischen Seite entfernt eine spezifische Ionenpumpe Calcium-Ionen aus dem Endknöpfchen und beendet so die Ausschüttung von Acetylcholin. Die freien Acetylcholinmoleküle, das sich im synaptischen Spalt befindet, spaltet in weniger als 0,1 ms Acetylcholin komplett in unarbeitsames Acetat und Cholin, sodass sich die Natrium-Ionenkanäle in der postsynaptischen Membran schließen. Nach der Inaktivierung der spannungsgesteuerten Natrium-Ionenkanäle gelangen keine weiteren Natrium-Ionen in die Muskelzelle. Verschiedene Ionenpumpen stellen die ursprüngliche Ionenverteilung wieder her. Schließlich wird das bei der Spaltung des Acetylcholins entstandene Cholin über einen Carrier in das Endknöpfchen transportiert und erneut zur Synthese von Acetylcholin genutzt.

Zwei Frageblätter (siehe Studie)

[] [] [] [] [] [] [] []

Erregungsübertragung an einer chemischen Synapse

- *Erarbeite dir die Schritte der Erregungsübertragung*
- *Beachte dabei, welche Moleküle und Strukturen daran beteiligt sind und in welcher Art und Weise die Erregung weitergeleitet wird.*
- *Nutze das Konzeptpapier für deine Notizen.*

Experimentalgruppe

Fließtext **Bild**

Abb. 2: Spaltung des Ausgangsmaterials in Fließtext und Bild (Studie 2)

4.7 Erhebungsmethodik

In beiden Studien erfolgte die Datenerhebung über schriftliche Befragungen im *Paper-pencil*-Format (Tab. 1). Dabei kamen im Prätest zwei Vorwissensinstrumente zum Einsatz (Studie 1: Zellbiologie, Studie 2: Neurobiologie). Die Posttestfragebögen waren in beiden Studien identisch und umfassten zwei separate Likert-Skalen für die abhängigen Variablen *Mental load* und *Mental effort* (nach Krell, 2017) sowie ein geschlossenes *Single-Choice*-Instrument und eine offene Aufgabe zur Erfassung des Lernerfolgs als weitere abhängige Variable.

Tab. 1: Skalen mit Kennwerten

Instrument	Itemformat	Itemzahl	α Studie 1/ α Studie 2	Beispielitem
Vorwissen Zellbiologie (Studie 1)	<i>Single Choice</i>	7	.37/n. v.	Den Vorgang, bei dem Feststoffe oder Flüssigkeiten durch Verschmelzung eines gefüllten Vesikels mit der Zellmembran aus dem Vesikel abgegeben werden, nennt man ... a) Endocytose. b) Exocytose. (+) c) Phagocytose. d) Pinocytose.

Instrument	Itemformat	Itemzahl	α Studie 1/ α Studie 2	Beispielitem
Vorwissen Neurobiologie (Studie 2)	<i>Single Choice</i>	5	n. v./ .30	Als Synapse bezeichnet man ... a) die Kontaktstelle zwischen Axon und Endknöpfchen. b) die Hüllzellen, die die Nervenzellen umgeben. c) die Region der Nervenzelle, in der die elektrischen Signale verrechnet werden. d) die Kontaktstelle zwischen dem Endknöpfchen einer Nervenzelle und der Zielzelle. (+)
<i>Mental load</i> (Krell, 2017)	Likert, sechsstufig, 1 bis 6	6	.92/.91	Das Material war einfach zu bearbeiten.
<i>Mental effort</i> (Krell, 2017)	Likert, sechsstufig, 1 bis 6	6	.93/.85	Bei der Bearbeitung des Materials habe ich mich wenig bemüht. (-)
Verständnis synaptischer Übertragung	offen	1	--	Erläutere die einzelnen Schritte der Erregungsübertragung an der motorischen Endplatte.
Verständnis synaptischer Übertragung	<i>Single Choice</i>	7	.41/.41	Im synaptischen Spalt befinden sich besonders viele ... a) Calcium-Ionen b) Natrium-Ionenkanäle c) Vesikel mit Acetylcholin d) Natrium-Ionen (+)

Anmerkungen. n. v. = nicht verwendet

4.8 Auswertungsmethodik

Die Codierung der geschlossenen Aufgaben erfolgte dichotom für die *Single-Choice*-Aufgaben (0 = falsch, 1 = richtig) bzw. sechsstufig für die Likert-Skalen (1 = gering, 6 = hoch). Die Auswertung der offenen Antworten erfolgte mit einem Codierleitfaden für insgesamt 13 verschiedene Teilschritte mit jeweils drei Niveaus (partial credit, 0 = nicht genannt, 1 = fachlich inkorrekte Beschreibung, 2 = im Wesentlichen fachlich korrekte Beschreibung) und anschließende Akkumulation zu einem Summenscore für die offenen Antworten.

Der Vergleich der Werte der geschlossenen Testaufgaben (für Vorwissen, *Mental load*, *Mental effort* und *Single-Choice*-Verständnis) erfolgte über ein- oder zweiseitige unabhängige T-Tests, während die Unterschiede in den offenen Antworten mit nicht parametrischen Mann-Whitney-U-Tests geprüft wurden.

5 Ergebnisse

5.1 Ergebnisse Studie 1

Die Ergebnisse des Vorwissenstests zeigen, dass die Lernenden in Studie 1 mit $M = 3,36$ ($SD = 1,52$) von möglichen sieben Punkten im Mittel ein eher mäßiges Vorwissen bezüglich der zellbiologischen Lernvoraussetzungen der synaptischen Übertragung besaßen. Signifikante Unterschiede im Vorwissen zwischen den Gruppen gab es nicht ($t[1,54] = 0,88$, $p = .38$).

Ein Vergleich der Posttestwerte zeigt zunächst, dass die Gruppen auch hinsichtlich des *Mental effort*, d. h. bezogen auf den Einsatz der Lernenden bei der Bearbei-

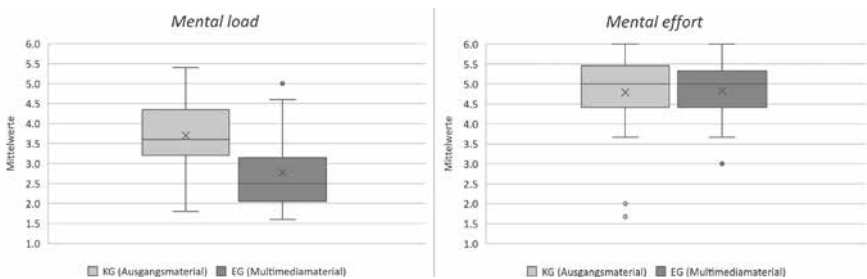


Abb. 3: Skalenmittelwerte für *Mental load* und *Mental effort* (Studie 1) für Ausgangsmaterial (KG, $n=28$) und Multimediamaterial (EG, $n = 28$)

tung, vergleichbar waren (Abb. 3; $t[1,54] = -0.17, p = .86$). Demgegenüber fiel der *Mental load* erwartungsgemäß bei Bearbeitung des modifizierten Multimedia-Materials im Vergleich zur Kontrollgruppe geringer aus (Abb. 3; $t[1,54] = 3.92, p < .001, d = 1.04$). Nach Cohen (1988) handelt es sich dabei um einen großen Effekt ($d > 0.8$). Vergleicht man die Lernergebnisse der beiden Verständnis-Instrumente, so zeigt sich, dass das Verständnis der synaptischen Übertragung gemessen mit der offenen Aufgabe bei Arbeit mit dem modifizierten Multimedia-Material höher ausfiel (Abb. 4; $U = 260.500, Z = 2.162, p < .05, r = .29$) als mit dem Ausgangsmaterial. Nach Cohen (1988) liegt die Effektgröße im oberen mittleren Bereich (großer Effekt $r > .3$). Demgegenüber unterschieden sich die Lernergebnisse im *Single-Choice-Test* nicht signifikant ($t[1,54] = 0.18, p = .43$).

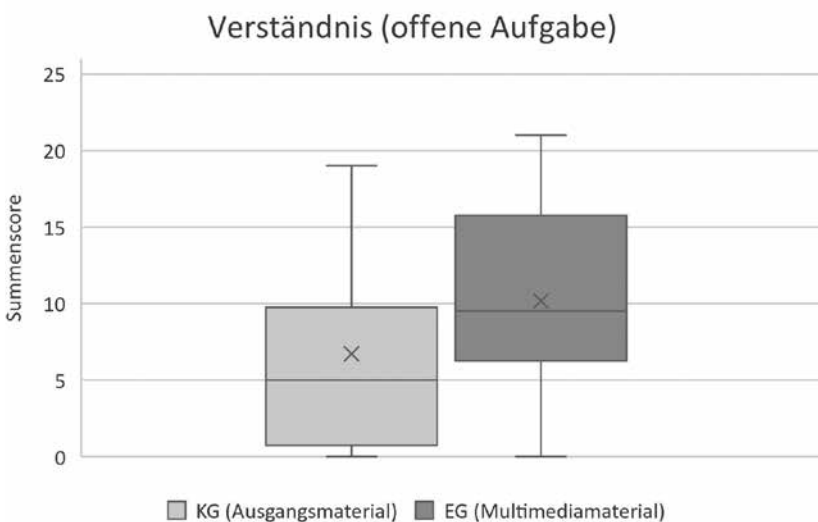


Abb. 4: Verständnis der Prozesse an der chemischen Synapse in offener Aufgabe (max. 26 Punkte; Studie 1) für Ausgangsmaterial (KG, $n = 28$) und Multimediamaterial (EG, $n = 28$)

5.2 Ergebnisse Studie 2

Ähnlich wie in Studie 1 besaßen auch die Lernenden in Studie 2 ein mittleres Niveau an Vorwissen – hier bezogen auf grundlegende neurobiologische Kenntnisse – mit im Mittel $M = 2,51$ ($SD = 1,52$) von fünf erreichbaren Punkten. Signifikante Vorwissensunterschiede zwischen den Gruppen gab es auch hier nicht ($t[1,63] = -1.71; p = .09$).

Ein Vergleich der Werte der beiden Gruppen hinsichtlich *Mental load* und *Mental effort* zeigt zunächst, dass sich auch hier die Lernenden in ihrem Einsatz bei der Bearbeitung des Materials, d. h. im *Mental effort*, nicht unterschieden (Abb. 5; $t[1,63] = 0.89, p = .38$). Anders als in Studie 1 zeigten sich aber keine signifikanten Unterschiede im *Mental load*, d. h. in der kognitiven Belastung bei Bearbeitung des Materials ($t[1,63] = -0.53, p = .60$). Auch signifikante Unterschiede der Gruppen im Lernerfolg zeigten sich in dieser Studie nicht (offene Aufgabe: $U = 329.500, Z = -1.791, p = .07$; *Single Choice*: $t[1,63] = -0.41; p = .34$), wenngleich die deskriptiven Werte einen gewissen Vorteil der *Picture-first*-Bedingung erahnen lassen (Abb. 6).

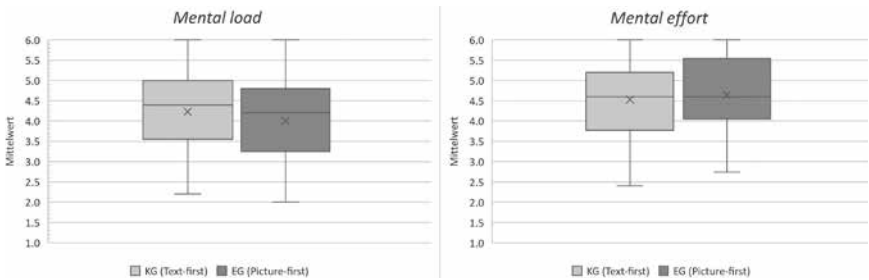


Abb. 5: Skalenmittelwerte für *Mental load* und *Mental effort* (Studie 2) für *Text-first* (KG, $n = 33$) und *Picture-first* (EG, $n = 32$)

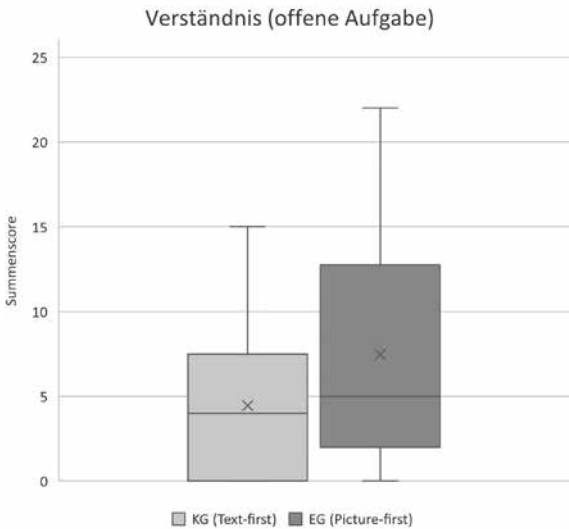


Abb. 6: Verständnis der Prozesse an der chemischen Synapse in offener Aufgabe (max. 26 Punkte; Studie 2) für *Text-first* (KG, $n = 33$) und *Picture-first* (EG, $n = 32$)

6 Diskussion

Die Ergebnisse beider Studien zeigen grundsätzlich, dass sich die Anwendung ausgewählter MMP auf die TBK einer Schulbuchseite positiv auf das Verstehen der Prozesse an der chemischen Synapse auswirken kann. Dabei war die kombinierte Anwendung von *räumlicher Kontiguität*, *Signaling* und *Segmenting* (Studie 1) erfolgreicher als die des *Sequencing* (Studie 2).

6.1 Diskussion Studie 1

Die Ergebnisse von Studie 1 zeigen, dass sich allgemeine MMP erfolgreich auf das Lernen mit TBK anwenden lassen, die komplexe biologische Prozessabbildungen enthalten. Mit einer Effektgröße im (oberen) mittleren Bereich reihen sich die Ergebnisse in die zu erwartenden Effekte ein (Kap. 2), wobei viele davon mit weniger komplexen Bildern und unter Laborbedingungen erzielt wurden, während hier sehr nah am Unterrichtsalltag gearbeitet wurde. Dass dennoch vergleichbare Effekte gemessen wurden, könnte darauf zurückgeführt werden, dass der Anwendung ausgewählter MMP hier ein umfangreicher, inhaltlich begründeter und somit stark fachdidaktisch ausgeschärfter Umgestaltungsprozess zugrunde liegt (Kap. 4.4.1). Kritisch anzumerken ist aber, dass eine kombinierte Anwendung von drei MMP zwar eine hohe ökologische Validität besitzt, aber eine nicht auflösbare Variablenkonfundierung mit sich bringt.

6.2 Diskussion Studie 2

Die Effekte in Studie 2 sind weniger klar als diejenigen in Studie 1, scheinen aber im Ansatz zu bestätigen, dass bei komplexen Fachinhalten durch ein Bild, das vor dem Text präsentiert wird, ein gedankliches Gerüst konstruiert wird, in das die Textinformationen eingegliedert werden können. Einschränkend ist anzumerken, dass die geringe Stichprobengröße ($n = 63$) nur bedingt geeignet war, kleine bis mittlere Effekte zu zeigen. Die geringe Größe des Vorteils der *Picture-first*-Bedingung könnte inhaltlich darin begründet liegen, dass die beiden von Eitel und Scheiter (2015) gefundenen Bedingungen für größere Effekte (vgl. Kap. 2), nämlich die Passung des abgefragten Wissenstyps zum zuletzt betrachteten Medium bzw. ein Arbeitsbeginn mit dem weniger komplexen Medium, hier zu keinem Vorteil führten. Zudem handelt es sich nicht um ein einfaches Bild, dessen Information „auf einen Blick“ erfasst werden kann, sondern um eine inhaltlich komplexe, detailreiche Darstel-

lung eines mehrschrittigen Prozesses (Nerdel et al., 2019). Derartige Bilder stellen bekanntermaßen gerade zu Beginn der Sek. II hohe Anforderungen an die Lernenden, da ihre Variabilität und Komplexität von der Sek. I zur Sek. II klar zunimmt (Brandstetter-Korinth, 2016), und somit die Anforderungen an die Bildlesefähigkeiten steigen. Schon das Decodieren der Bildsprache stellt eine Herausforderung dar, weil die Lernenden die Bedeutungen, die mit Darstellungs-, Steuerungs- oder Farbcodes verknüpft sind und dabei bestimmten, fachspezifischen Konventionen folgen, nicht ohne Weiteres entschlüsseln können. Das Fehlen einer dringend erforderlichen (systematischen) Förderung der piktorialen Lesefähigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde bereits beklagt (Koenen et al., 2020).

6.3 Gesamtdiskussion

Die Ergebnisse beider Studien ergeben, dass bei derart komplexen TBK mittlere Effekte mit materialbasierten Strategien zu erreichen sind. Aus Perspektive der Multimedia-Forschung bleibt einschränkend anzumerken, dass es zahlreiche weitere MMP mit vergleichbarer oder besserer Effektstärke gibt (z. B. Feedback, Lösungsbeispiele). Für eine stärkere Anschlussfähigkeit an die zugrundeliegende *Cognitive Load Theory* wäre es zudem konsequenter, Effekte auf den *Cognitive load* zu untersuchen (vgl. Kap. 2). Die Verwendung des hier untersuchten *Mental loads* ermöglicht die Anknüpfung an fachdidaktische Arbeiten (Krell, 2017). Aus fachdidaktischer Perspektive scheint es außerdem geboten, empirisch zu untersuchen, wie neben materialbasierten ggf. ergänzende lernerzentrierte Unterstützungsmaßnahmen gestaltet werden könnten (Scheiter et al., 2020). Diese sollten gezielter das Lesen der bildlichen Fachsprache fördern sowie auch digitale Anwendungen vorsehen. Ansatzpunkte für laufende Studien bilden neben den hier vorgestellten ersten Erkenntnissen auch unterrichtspraktische Arbeiten zur Verwendung von bildbezogenen (Text-)Erschließungsaufgaben (Lumer & Winter, 2019; Lumer & Wlotzka, 2019; Lumer, 2023) und Arbeiten zu bildbezogenen Prompts oder Vorträgen (Scheiter et al., 2020).

7 Relevanz und Folgerungen

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse das Potenzial der Anwendung bekannter MMP auch für das Lehren und Lernen mit TBK zu komplexen Inhalten und zeigen, dass eine bisher oft noch fehlende Anwendung der Prinzipien (Scheiter et al., 2020)

auf bestehende Lehr-Lernmaterialien möglich und lohnenswert ist. Fortgeschrittenes Lernen von Biologie umfasst neben den Prozessen an der chemischen Synapse viele weitere komplexe Prozesse (z. B. DNA-Replikation, Proteinbiosynthese, Stoffkreisläufe), die sowohl inhaltlich unterschiedlich herausfordernd sind als auch andersartig gestaltete, komplexe Abbildungen mit variantenreicher Bildsprache aufweisen. Eine verständnisfördernde Anwendung der MMP muss demzufolge bei jedem Inhalt an das fachliche Lernziel fachdidaktisch angepasst werden.

Literatur

- Alpizar, D., Adesope, O. O. & Wong, R. M. (2020). A meta-analysis of signaling principle in multimedia learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 68, 2095–2119.
- Beck, C. & Nerdel, C. (2019). Biologiespezifisches Bildverständnis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 289–306.
- Brandstetter-Korinth, M. (2017). *Abbildungen im Biologieunterricht* (Bd. 19). Berlin: Logos Verlag.
- Eitel, A. & Scheiter, K. (2015). Picture or text first? Explaining sequence effects when learning with pictures and text. *Educational psychology review*, 27, 153–180.
- Koenen, J., Kobbe, J. & Rumann, S. (2020). Umgang mit Bildern in den Naturwissenschaften – Ein sequenziertes Training der Piktorialen Literalität. *Unterrichtswissenschaft*, 48(1), 91–112.
- Krell, M. (2017). Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort considering different sources of validity evidence. *Cogent Education*, 4(1), 1280256.
- Lumer, J. & Winter, K. (2019). Herausforderungen und Chancen einer sprachsensiblen Textarbeit im Biologieunterricht – ein Lehr-Lern-Konzept. In Y. Danilovich & G. Putjata (Hrsg.), *Sprachliche Vielfalt im Unterricht: Fachdidaktische Perspektiven auf Lehre und Forschung im DaZ-Modul* (47–77). Wiesbaden: Springer VS.
- Lumer, J. & Wlotzka, P. (2019). Text- und Bildsprache verstehen: Den Fachsprachenerwerb mit Text-Bild-Kombinationen unterstützen. *Unterricht Chemie*, 173, 28–35.
- Lumer, J. (2023). Den Stickstoffkreislauf erarbeiten und verstehen – Sprachbewusst aufbereitete Materialien zum Lesen einer Text-Bild-Kombination. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 76(3), 199–202.

- Lumer, J., Heinen, R. & Heinicke, S. (2024). 7 Schritte zum guten Lehrtext. Textgestalt, Roter Faden und Text-Bild-Anordnung. *Unterricht Chemie*, 199, 44–48.
- Mayer, R. E. (2009). Segmenting principle. *Multimedia learning*, 2, 175–188.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (31–48). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Pilegard, C. (2005). Principles for managing essential processing in multimedia learning: Segmenting, pretraining, and modality principles. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (31–48). Cambridge: Cambridge University Press.
- Nerdel, C., Nitz, S. & Prechtel, H. (2019). Kompetenzen beim Umgang mit Abbildungen und Diagrammen. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (147–165). Berlin: Springer.
- Scheiter, K., Richter, J. & Renkl, A. (2020). Multimediales Lernen: Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie: Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen* (31–56). Heidelberg: Springer.
- Schnaubert, L. & Schneider, S. (2022). Analysing the relationship between mental load or mental effort and metacomprehension under different conditions of multimedia design. *Frontiers in Education*, 6, 648319.
- Schnotz, W. (2002). Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen. In L. J. Issing (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis* (3. Auflage, 65–81). Weinheim: Beltz.
- Schroeder, N. L. & Cenkci, A. T. (2018). Spatial contiguity and spatial split-attention effects in multimedia learning environments: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30, 679–701.
- Seufert, T. (2003). Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen. In K. Sachs-Hombach (Hrsg.), *Was ist Bildkompetenz? Studien zur Bildwissenschaft* (117–129). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Seufert, T. (2009). Lernen mit multiplen Repräsentationen – Gestaltungs- und Verarbeitungsstrategien. In R. Plötzner, T. Leuders & A. Wichert (Hrsg.), *Lernchance Computer. Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbänden* (45–66). Münster: Waxmann.
- Seufert, T., Brünken, R. (2018). Multi-Media. In D. H. Rost, J. R. Sparfeldt & S. R. Buch (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (575–582). Weinheim Basel: Beltz.
- Walory, M. & Westendorf-Bröring, E. (2015). *Biologie Heute SII Nordrhein-Westfalen Gesamtband*. Braunschweig: Westermann Schroedel.

- Ziepprecht, K. (2016). *Strategien und Kompetenzen von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen* (Bd. 15). Berlin: Logos Verlag.
- Ziepprecht, K., Jäger, D. S. & Schwanewedel, J. (2017). Charakteristika von Repräsentationen im Biologieunterricht aus Sicht von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB)-Biologie Lehren und Lernen*, 21(1), 23–41.

Danksagung

Wir danken Britta Bäker und Lukas Schreiner, die im Rahmen ihrer Masterarbeiten die praktische Durchführung der Datenerhebung und Intervention übernommen haben.

Informationen über die Autor:innen

Jutta Lumer

Universität Münster, Zentrum für Didaktik der Biologie
lumer@uni-muenster.de

Christiane Konnemann

Universität Münster, Zentrum für Didaktik der Biologie
christianekonnemann@uni-muenster.de
<https://orcid.org/0000-0002-0555-1413>

Bemerkung: Der Beitrag wurde unter gleicher Beteiligung beider Autorinnen erstellt.

Rückmeldesysteme in interaktiven Lernvideos für angehende Biologielehrkräfte: Einfluss auf die Forschungskompetenz, das forschungsmethodische Wissen und die intrinsische Motivation

Zusammenfassung

Forschungsmethodisch ausgerichtete Lehrveranstaltungen im Lehramtsstudium sind darauf ausgelegt, die Entwicklung von Forschungskompetenz und forschungsmethodischem Wissen bei Studierenden zu unterstützen. Die Komplexität der Lerninhalte und die niedrige Motivation der Studierenden machen i. d. R. zusätzliche Unterstützungsmaßnahmen notwendig, wie sie z. B. in videobasierten Lernmodulen durch integrierte Rückmeldesysteme bereitgestellt werden. In einem biologiedidaktischen Forschungsmodul ($N = 62$ Lehramtsstudierende) wurden forschungsmethodische Inhalte aus einer theoretischen Perspektive mittels videobasierter Lernmodule vermittelt, die auf die Videoinhalte bezogene Fragen enthielten. Die Experimentalgruppe erhielt unterstützende Rückmeldungen zur Fragenbeantwortung, die Kontrollgruppe korrektive Rückmeldungen. Die Rückmeldungen adressierten den gesamten Forschungsprozess. Als abhängige Variablen wurden die Forschungskompetenz, das forschungsmethodische Wissen sowie die intrinsische Motivation erhoben. Die Forschungskompetenz wurde in einer kognitiven und einer affektiv-motivationalen Komponente erhoben: Erstere beschreibt die notwendigen Fähigkeiten und Fertigkeiten, um eigenständig zu forschen; Letztere

bezieht sich auf das Interesse an Forschung und ihren wahrgenommenen Nutzen. Die Ergebnisse zeigen einen Zuwachs im forschungsmethodischen Wissen und der kognitiven Komponente der Forschungskompetenz unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit. In der affektiv-motivationalen Komponente und der intrinsischen Motivation konnten weder zeitliche Veränderungen noch Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Die Befunde deuten darauf hin, dass Rückmeldungen in computerbasierten Lernsystemen weiter untersucht und Lehramtsstudierende auf die Relevanz von Forschung aufmerksam gemacht werden müssen, um die untersuchten Variablen positiv zu beeinflussen.

Abstract

Research method-oriented courses in initial teacher education are designed to support the development of research competence and research methodological knowledge among students. The complexity of the learning content and the low motivation of students make additional support measures necessary, such as those provided in video-based learning modules through integrated feedback systems. In a research module in biology education ($N = 62$ pre-service teachers), research methodology content was taught from a theoretical perspective using video-based learning modules. The video-based learning modules contained questions related to the video content. The experimental group received supportive feedback for answering the questions, while the control group received corrective feedback. The feedback addressed the entire research process. Research competence, research methodological knowledge and intrinsic motivation were surveyed as dependent variables. Research competence was assessed in a cognitive and an affective-motivational component: the first describes the skills and abilities required to conduct independent research; the latter refers to the interest in research and its perceived benefits. The results show an increase in research methodological knowledge and the cognitive component of research competence, regardless of group affiliation. Neither temporal changes nor differences between the groups were found in the affective-motivational component and intrinsic motivation. The findings suggest that feedback in computer-based learning systems needs to be investigated further and that pre-service teachers need to be made aware of the relevance of research in order to positively influence the variables investigated.

1 Einleitung

Forschungskompetenz wird im Rahmen der Lehramtsausbildung eine zentrale Bedeutung zugeschrieben (Fichten, 2010) und setzt sich aus einer affektiv-motivationalen und kognitiven Komponente zusammen (Besa et al., 2023; Thiel & Böttcher 2014). Nach Besa et al. (2023) weisen Lehramtsstudierende im Vergleich zu Studierenden anderer Studiengänge Schwächen hinsichtlich der kognitiven Komponente auf. Gleichzeitig schätzen sie die Bedeutung von Forschung, als Aspekt der affektiv-motivationalen Komponente, für ihr späteres Berufsleben geringer ein als Studierende anderer Studiengänge (Besa et al., 2023). Dem steht die Bedeutung von Forschungskompetenz für die spätere professionelle Praxis gegenüber: Forschungskompetenz wird eine entscheidende Rolle zugeschrieben, um die eigene Lehrtätigkeit reflektieren und im Unterricht evidenzbasiert handeln zu können (Fichten, 2010). Die Lehrkraftbildungsstandards erkennen diese besondere Rolle von Forschungskompetenz an (KMK, 2024, S. 23; vgl. auch Thiel & Böttcher, 2014).

Um die Forschungskompetenz von angehenden Biologielehrkräften zu fördern, wurden in dieser Studie videobasierte Lernmodule eingesetzt (vgl. auch Gussen et al., 2023a). Frühere Studien zeigen, dass videobasierte Lernmodule motivationale Vorteile haben und sich günstig auf den Wissenserwerb von Studierenden auswirken können (Noetel et al., 2021). Sie unterstützen raum- und zeitunabhängiges Arbeiten und tragen so zu einer Flexibilisierung der Organisation des Studiums bei. Außerdem ermöglichen sie individuelle inhaltliche Schwerpunktsetzungen entsprechend den Lernbedürfnissen der Studierenden (Noetel et al., 2021). Videobasierte Lernmodule sollten interaktive Elemente in Form von z. B. Fragen enthalten (Weidlich & Spannagel, 2014), die den Lernenden eine Rückmeldung geben und dadurch zum Lernerfolg beitragen können. Mertens et al. (2022) konnten zeigen, dass hierbei die Art der Rückmeldung von entscheidender Bedeutung ist. Während korrektive Rückmeldungen (richtig/falsch) als wenig effektiv eingeschätzt werden, zeigen Rückmeldungen, die weiterführende Unterstützung leisten, eine hohe Lernwirksamkeit (Mertens et al., 2021; van der Kleij et al., 2015). Zugleich können sich verschiedene Arten von Rückmeldung auf die Motivation und das Interesse der Studierenden auswirken (Reeve, 2015), wobei unterstützende Rückmeldungen die intrinsische Motivation im Vergleich zu korrektiven Rückmeldungen stärker begünstigen (Großmann et al., 2020) und das Interesse an der Beschäftigung mit den Inhalten steigern können (Kuklick & Lindner, 2021).

In der vorliegenden Studie wurden grundlegende forschungsmethodische Inhalte aus einer theoretischen Perspektive mittels videobasierter Lernmodule vermittelt, wobei alle Schritte eines biologiedidaktischen Forschungsprozesses berücksichtigt wurden. In den Lernmodulen wurden zwei Arten von Rückmel-

dungen (unterstützend/korrektiv) zu den gegebenen Antworten und den zugehörigen forschungsmethodischen Inhalten gegeben, und ihre Auswirkung auf die Forschungskompetenz, das forschungsmethodische Wissen sowie die intrinsische Motivation untersucht.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Forschungskompetenz

Forschungskompetenz stellt die Fähigkeit dar, selbstständig Forschung zu betreiben (Wulf et al., 2020) und untergliedert sich in eine kognitive und eine affektiv-motivationale Komponente (Wessels et al., 2018). Die kognitive Komponente beschreibt die notwendigen Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Umgang mit und zur Durchführung von Forschung. Häufig wird darunter der Umgang mit forschungsmethodischem Wissen und Forschungsprozesswissen verstanden (Wulf et al., 2020) sowie die Fähigkeit, Wissen aus der Forschung zu recherchieren, zu verstehen und zu beurteilen (Böttcher-Oschmann et al., 2019). Damit einhergehend differenzieren Thiel und Böttcher (2014) hinsichtlich der kognitiven Komponente zwischen dem fachlichen Wissen über Forschung, der Recherche-, Methoden-, Reflexions- und Kommunikationskompetenz. Die affektiv-motivationale Komponente bezieht sich dagegen auf das gefühls- und wertbezogene Interesse an Forschung und ihren wahrgenommenen Nutzen (Wessels et al., 2021). Ihre Ausprägung gilt als entscheidend dafür, ob die Fähigkeiten und Fertigkeiten der kognitiven Komponente zur Anwendung kommen (Wulf et al., 2020).

2.2 Gestaltung forschungsmethodischer Lehrveranstaltungen mit videobasierten Lernmodulen

Für die Vermittlung von Inhalten in der universitären Lehre werden Videos vorwiegend in Form von Vorlesungsvideos eingesetzt (Weidlich & Spannagel, 2014). Videos als Kombination auditiver und visueller Darstellungen ermöglichen es, komplexe Inhalte in multimedialer Form zu vermitteln (Noetel et al., 2021). Das Lernen mit Videos erfolgt jedoch häufig nur oberflächlich, da die Inhalte meist kurzzeitig präsentiert und nicht adäquat elaboriert werden können (Merkt et al., 2011). Aus diesem Grund schlagen Weidlich und Spannagel (2014) die Imple-

mentierung interaktiver Elemente (z. B. Quizfragen) vor, um ein bedeutsames und aktives Lernen zu fördern. Hypermediale Tutoring-Systeme (z. B. H5P) ermöglichen zudem eine Rückmeldung über den Lernfortschritt (Hillmayr et al., 2020).

Im Lernprozess spielen Rückmeldungen eine wichtige Rolle, da sie die Lücke zwischen dem aktuellen Wissens- und Kompetenzstand und dem Lernziel schließen (Hattie & Timperley, 2007). So zeigen Metaanalysen insgesamt positive Effekte von Rückmeldungen auf computerbasiertes Lernen (Mertens et al., 2022; van der Kleij et al., 2015), wobei hauptsächlich drei Arten von Rückmeldungen entsprechend ihrer Komplexität (steigend von 1 nach 3) unterschieden werden: Bei (1) *knowledge of results* (hier: korrektive Rückmeldungen) werden Informationen über die Richtigkeit der Antwort gegeben (z. B. „Deine Antwort ist richtig/falsch.“), bei (2) *knowledge of correct response* wird die richtige Antwort genannt (z. B. „Antwort C ist richtig.“) und bei (3) *elaborated feedback* (hier: unterstützende Rückmeldungen) werden weiterführende Informationen und Instruktionen gegeben, um zur richtigen Antwort zu gelangen (Taxipulati & Lu, 2021). Während Studien zu korrektiven Rückmeldungen konsistente Ergebnisse zeigen, fallen die Befunde zu anderen Arten von Rückmeldungen heterogen aus (Mertens et al., 2022). Es wird angenommen, dass korrektive Rückmeldungen nicht so lernwirksam sind wie unterstützende Rückmeldungen (van der Kleij et al., 2015).

Neben der Lernwirksamkeit wirken sich unterschiedliche Arten von Rückmeldungen auch auf die Motivation aus, sich mit Inhalten auseinanderzusetzen. Wisniewski et al. (2020) gehen beispielsweise davon aus, dass Rückmeldungen umso effektiver sind, je mehr lernrelevante Informationen sie enthalten. Dies steht in Einklang mit den Annahmen der Selbstbestimmungstheorie (Ryan & Deci, 2017). Demnach können sich Rückmeldungen, die weitere Hinweise für den Lernprozess beinhalten, positiver auf die Motivation und den Lernerfolg auswirken als korrektive Rückmeldungen (Großmann et al., 2020; Reeve, 2015).

Der bisherige Forschungsstand gibt keine konsistente Antwort auf die Frage, wie sich korrektive und unterstützende Rückmeldungen auf die Forschungskompetenz, das forschungsmethodische Wissen und die intrinsische Motivation von erfahrenen Lernenden (hier: Studierenden) auswirken (Mertens et al., 2022). Dieser Frage nimmt sich die vorliegende Studie an.

2.3 Hypothesen

Vor dem Hintergrund der bisherigen Ausführungen wird erwartet, dass sich unterstützende Rückmeldungen (im Vergleich zu korrektiven Rückmeldungen) positiv auswirken auf ...

- ... die Forschungskompetenz (H1).
- ... das forschungsmethodische Wissen (H2).
- ... die intrinsische Motivation (H3).

3 Methode

Die Untersuchung wurde innerhalb eines biologiedidaktischen Forschungsmoduls durchgeführt. An der Studie nahmen $N = 62$ Masterstudierende teil ($M = 25,40$ Jahre, $SD = 3,53$ Jahre; 74,2 % weiblich, 22,6 % männlich, 1,6 % divers, 1,6 % keine Angabe).

3.1 Studiendesign und -ablauf

Die Teilnehmer:innen nahmen zu Beginn (Prätest) und gegen Ende (Posttest) des Semesters an einer Online-Umfrage teil. Im Prätest wurden personenbezogene Daten (Alter, Geschlecht), die Forschungskompetenz und das forschungsmethodische Wissen der Studierenden erhoben. Letztere wurden zudem im Posttest zusammen mit der intrinsischen Motivation der Studierenden bei der Bearbeitung der Lernmodule erfasst.

Zu Beginn des Semesters wurden die Studierenden randomisiert einer Gruppe (Experimentalgruppe = EG; Kontrollgruppe = KG) zugeteilt. Beide Gruppen lernten mittels videobasierter Lernmodule, die sich aus einer theoretischen Perspektive auf grundlegende forschungsmethodische Inhalte des gesamten Forschungsprozesses bezogen (u. a. Verfahren der Datenerhebung und -analyse, Interpretation und Bewertung fachdidaktischer Forschungsarbeiten). Die videobasierten Lernmodule wurden als *H5P*-Elemente (*interactive videos*) in die digitale Lernplattform *Ilias* eingebaut und enthielten Fragen, die sich auf die Video-Inhalte bezogen. Bei korrekter Beantwortung einer Frage erhielten die Studierenden beider Gruppen die Rückmeldung „richtige Antwort“. Wurde die Frage (z. B. „In welchem Bereich sollte die Itemschwierigkeit liegen?“) falsch beantwortet, erhielten Studierende aus der KG eine korrektive Rückmeldung („falsche Antwort“), wohingegen Studierende der EG eine unterstützende Rückmeldung erhielten, indem sie zur Sequenz im Video geleitet wurden, die eine richtige Beantwortung der Frage ermöglichte. Die Fragen konnten in beiden Gruppen beliebig oft wiederholt werden.

3.2 Messinstrumente

Die kognitive Komponente der Forschungskompetenz wurde anhand von fünf Subskalen erhoben und konnte über eine fünfstufige Rating-Skala von „trifft überhaupt nicht zu“ (1) bis „trifft genau zu“ (5) beantwortet werden (Böttcher & Thiel, 2017). Die affektiv-motivationale Komponente der Forschungskompetenz wurde über drei Subskalen (Wessels et al., 2018) erfasst. Die Items wurden anhand einer fünfstufigen Rating-Skala bewertet. Die Subskala *Gefühlsbezogenes Interesse an Forschung* konnte von „macht mir überhaupt keinen Spaß“ (1) bis „macht mir sehr viel Spaß“ (5) beantwortet werden. Im Rahmen der zwei weiteren Subskalen konnten die Studierenden die Optionen „stimme nicht zu“ (1) bis „stimme zu“ (5) nutzen. Weitere Informationen zu den Subskalen finden sich in Tabelle 1.

Zur Erfassung des forschungsmethodischen Wissens wurde ein selbst erstellter Fragebogen mit Single- und Multiple-Choice-Fragen (13 Items) eingesetzt, der in vorangegangenen Semestern evaluiert wurde. Ein Punkt wurde für die richtige Beantwortung der Frage und null Punkte für eine falsche oder fehlende Beantwortung vergeben.

Die intrinsische Motivation bei der Bearbeitung der Lernmodule wurde mit der Kurzskala intrinsischer Motivation über eine fünfstufige Rating-Skala von „stimmt gar nicht“ (1) bis „stimmt völlig“ (5) gemessen (Wilde et al., 2009; Tab. 1).

Tabelle 1: Itemanzahl, Beispielitems und Cronbachs α -Werte der Subskalen der Forschungskompetenz und der intrinsischen Motivation

	Item- anzahl	Beispielitems	$\alpha_{\text{Prätest}}$	α_{Posttest}
Kognitive Komponente				
Fachliches Wissen	8	„Ich habe eine solide Kenntnis der wichtigsten Forschungsmethoden in der Biologiedidaktik.“	.89	.88
Recherchekompetenz	4	„Ich bin in der Lage, den Forschungsstand zu einem bestimmten biologiedidaktischen Thema zu sichten und systematisch aufzubereiten.“	.87	.82
Methodenkompetenz	7	„Ich kann unterschiedliche Forschungsmethoden entsprechend meiner Fragestellung anwenden.“	.83	.80

	Item- anzahl	Beispielitems	$\alpha_{\text{Prätest}}$	α_{Posttest}
Reflexionskompetenz	5	„Ich bin in der Lage, meine eigenen biologiedidaktischen Forschungsergebnisse hinsichtlich der methodischen Grenzen kritisch zu reflektieren.“	.88	.83
Kommunikationskompetenz	4	„Ich bin in der Lage, Forschungsbefunde für eine Präsentation in einem wissenschaftlichen Kolloquium aufzubereiten.“	.73	.58
Affektiv-motivationale Komponente				
Gefühlsbezogenes Interesse an Forschung	11	„Im Folgenden schildern wir Ihnen verschiedene Forschungstätigkeiten im Bereich der Biologiedidaktik, die einem mehr oder auch weniger Spaß machen können.“ - „Literatur zu einem Forschungsfeld recherchieren“	.68	.85
Wertbezogenes Interesse an Forschung	6	„Die Forschung in der Biologiedidaktik ist nützlich, weil man durch Forschung interessante Erkenntnisse erzielen kann.“	.77	.79
Wahrgenommener Nutzen der Forschung für die Praxis	6	„Theoretische Vorstellungen über die Erziehung erleichtern den Umgang mit unerwarteten Situationen im Unterricht.“	.76	.78
Intrinsische Motivation				
Interesse/Vergnügen	3	„Die Bearbeitung der Lernmodule hat mir Spaß gemacht.“		.89
Wahrgenommene Kompetenz	3	„Ich glaube, ich war bei der Bearbeitung der Lernmodule ziemlich gut.“		.93
Wahrgenommene Wahlfreiheit	3	„Bei der Bearbeitung der Lernmodule konnte ich so vorgehen, wie ich es wollte.“		.84
Druck/Anspannung	3	„Bei der Bearbeitung der Lernmodule fühlte ich mich unter Druck.“		.90

4 Ergebnisse

4.1 Forschungskompetenz (H1)

Zunächst wurde überprüft, ob sich der Zuwachs in der kognitiven Komponente der Forschungskompetenz zwischen den Gruppen unterschied. Eine mixed MANOVA zeigte, dass dies nicht der Fall und der Interaktionseffekt, $F(1, 45) = 0.19, p = .976, \eta_p^2 = .02$, nicht signifikant war (vgl. auch Tab. 2). Jedoch zeigte der Haupteffekt der Zeit signifikante Unterschiede zwischen Prä- zu Posttest auf, $F(1, 45) = 26.93, p < .001, \eta_p^2 = .77$. Dieser Haupteffekt geht zurück auf die Zunahme des *Fachlichen Wissens*, $F(1, 45) = 88.45, p < .001, \eta_p^2 = .66$, der *Recherche-*, $F(1, 45) = 48.81, p < .001, \eta_p^2 = .52$, und *Methodenkompetenz*, $F(1, 45) = 19.87, p < .001, \eta_p^2 = .31$. Die *Reflexions-*, $F(1, 45) = 3.14, p = .083, \eta_p^2 = .65$, und *Kommunikationskompetenz*, $F(1, 45) = 0.71, p = .403, \eta_p^2 = .02$, veränderten sich jedoch nicht.

Auch wurde überprüft, ob sich der Zuwachs in der affektiv-motivationalen Komponente der Forschungskompetenz zwischen den Gruppen unterschied. Mittels einer mixed MANOVA wurde gezeigt, dass dies nicht der Fall, und der Interaktionseffekt, $F(1, 45) = 0.57, p = .565, \eta_p^2 = .01$, nicht signifikant war. Auch der Haupteffekt der Zeit zeigte keine Zunahme, $F(1, 45) = 0.01, p < .947, \eta_p^2 = .00$.

4.2 Forschungsmethodisches Wissen (H2)

Es wurde überprüft, ob sich der Zuwachs des forschungsmethodischen Wissens zwischen den Gruppen unterschied. Eine mixed ANOVA zeigte, dass der Interaktionseffekt, $F(1, 36) = 0.01, p = .918, \eta_p^2 = .00$ nicht signifikant ausfiel. Der Haupteffekt der Zeit zeigte jedoch auch hier eine Zunahme, $F(1, 36) = 29.58, p < .001, \eta_p^2 = .45$.

Tabelle 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Subskalen der Forschungskompetenz, des forschungsmethodischen Wissens und der intrinsischen Motivation

	Prätest			Posttest		
	<i>M (SD)</i>			<i>M (SD)</i>		
	EG	KG	Gesamt	EG	KG	Gesamt
Kognitive Komponente						
Fachliches Wissen	1.94 (0.80)	1.95 (0.61)	1.95 (0.69)	2.89 (0.80)	2.89 (0.71)	2.89 (0.74)
Recherchekompetenz	2.93 (1.07)	2.81 (0.79)	2.86 (0.90)	3.76 (0.80)	3.71 (0.62)	3.73 (0.69)
Methodenkompetenz	3.11 (0.67)	3.06 (0.65)	3.08 (0.65)	3.57 (0.49)	3.54 (0.55)	3.56 (0.52)
Reflexionskompetenz	3.41 (0.73)	3.45 (0.81)	3.43 (0.77)	3.63 (0.53)	3.60 (0.50)	3.61 (0.61)
Kommunikationskompetenz	3.83 (0.65)	3.48 (0.56)	3.62 (0.62)	3.84 (0.49)	3.61 (0.47)	3.70 (0.49)
Affektiv-motivationale Komponente						
Gefühlsbezogenes Interesse an Forschung	3.14 (0.44)	3.06 (0.54)	3.09 (0.50)	2.99 (0.66)	2.80 (0.74)	2.88 (0.71)
Wertbezogenes Interesse an Forschung	3.49 (0.71)	3.40 (0.91)	3.44 (0.59)	3.47 (0.71)	3.29 (0.66)	3.36 (0.68)
Wahrgenommener Nutzen der Forschung für die Praxis	3.67 (0.41)	3.43 (0.55)	3.53 (0.50)	3.61 (0.53)	3.47 (0.62)	3.53 (0.58)
Forschungsmethodisches Wissen						
	7.78 (1.67)	7.21 (1.72)	7.44 (1.70)	9.66 (2.08)	9.16 (1.58)	9.35 (1.78)
Intrinsische Motivation						
Interesse/Vergnügen				2.19 (0.80)	2.27 (1.02)	2.23 (0.91)
Wahrgenommene Kompetenz				3.42 (0.75)	3.20 (0.92)	3.31 (0.84)

	Prätest <i>M (SD)</i>	Posttest <i>M (SD)</i>		
Wahrgenommene Wahlfreiheit		3.33 (0.88)	3.44 (1.04)	3.39 (0.96)
Druck/Anspannung		2.07 (0.85)	2.77 (1.22)	2.42 (1.03)

Anmerkung: EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

4.3 Intrinsische Motivation (H3)

Es wurde eine MANOVA genutzt, um Unterschiede zwischen den Gruppen in den vier Subskalen der intrinsischen Motivation zu ermitteln, wobei kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vorlag, $F(4, 42) = 1.68, p = .173, \eta_p^2 = .14, \text{Wilks } \Lambda = .862$.

5 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde zunächst der Einfluss verschiedener Rückmeldungen (korrektiv/unterstützend) in videobasierten Lernmodulen auf die selbsteingeschätzte affektiv-motivationale und die kognitive Komponente der Forschungskompetenz (H1) untersucht. Der Befund zur kognitiven Komponente steht in Einklang mit früheren Studien, in denen Rückmeldungen als wirkungsvolles Instrument zur Förderung des Kompetenzerlebens identifiziert werden konnten (z. B. Garcia et al., 2019). Der vorliegende gruppenunabhängige Effekt könnte darauf zurückzuführen sein, dass eine korrektive Rückmeldung, die den Studierenden lediglich aufzeigt, welche Inhalte noch nicht erlernt wurden, oder das selbstständige Arbeiten mit Lernvideos ausreichen, um die wahrgenommene Kompetenz der Studierenden zu unterstützen.

Hinsichtlich der affektiv-motivationalen Komponente der Forschungskompetenz kann angeführt werden, dass frühere Studien bereits aufzeigten, dass Rückmeldungen effektiver für kognitive als für motivationale Variablen sein können (Wisniewski et al., 2020). Zu berücksichtigen ist, dass die affektiv-motivationale Komponente das Interesse an Forschung und den wahrgenommenen Nutzen von Forschung umfasst (Wessels et al., 2018). Die videobasierten Lernmodule in unserer Studie waren lediglich auf die Vermittlung von sowie die Rückmeldungen zu

den Inhalten ausgelegt und konnten daher das Interesse sowie den Nutzen von Forschung möglicherweise nicht hinreichend ansprechen (Gussen et al., 2023b).

Bezüglich **H2** konnte analog zur Entwicklung der kognitiven Komponente der Forschungskompetenz ein gruppenunabhängiger Zuwachs im forschungsmethodischen Wissen festgestellt werden. Dieser Befund steht in Einklang mit der Annahme, dass eine Entwicklung der kognitiven Komponente im Zuge des Erwerbs forschungsmethodischen Wissens stattfindet (Fichten, 2010). Da Rückmeldungen den Lernenden ihren Lernfortschritt transparent machen (Hattie & Timperley, 2007), wird angenommen, dass diese im Lernprozess förderlich für den Wissenszuwachs von Studierenden sind (Mertens et al., 2022; van der Kleij et al., 2015). Die Befunde der vorliegenden Studie sprechen dafür, dass die zwei untersuchten Arten von Rückmeldungen den Wissenszuwachs gleichermaßen unterstützen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass sich die Studierenden beider Gruppen zum Zeitpunkt des Posttests aufgrund der anstehenden Prüfung bereits vertieft mit den Inhalten der Lehrveranstaltungen befasst haben (Gussen et al., 2023a), sodass der Effekt des Treatments möglicherweise maskiert wurde. Zugleich ist anzumerken, dass keine Informationen darüber vorliegen, ob die Studierenden die unterstützenden Rückmeldungen lediglich als Information oder tatsächlich als Anreiz zur vertieften Auseinandersetzung mit den Inhalten wahrgenommen haben.

Für die intrinsische Motivation (**H3**) wurde zuletzt ebenfalls angenommen, dass sich Rückmeldungen, die sich in ihrem Informationsgehalt unterscheiden, unterschiedlich auswirken (Wisniewski et al., 2020). Rückmeldungen, die weitere Hinweise für den Lernprozess beinhalten, sollten die Wahrnehmung von Kompetenz und in Folge die intrinsische Motivation im Vergleich zu korrektiven Rückmeldungen fördern (Großmann et al., 2020; Reeve, 2015). Da durch diese Hinweise ein Gleichgewicht von Fähigkeiten und Anforderung aufseiten der Lernenden besser hergestellt werden kann als ohne diese Hinweise (Großmann et al., 2020; Reeve, 2015), könnte auch der wahrgenommene Druck, sich mit den Inhalten weiter auseinanderzusetzen, vermindert werden. Diese auf Theorie und Empirie basierten Annahmen werden durch die vorliegenden Befunde nicht gestützt. Möglicherweise könnte es sein, dass bereits zu Semesterbeginn Unterschiede in der intrinsischen Motivation der Studierenden, sich mit Forschung zu beschäftigen, vorlagen. Diese Variable sollte in zukünftigen Studien einbezogen werden. Zugleich könnte die intrinsische Motivation im Verlauf des Semesters betrachtet werden, um zu überprüfen, ob sich die Effekte der Maßnahme über die Zeit verändern.

Vor dem Hintergrund unserer Befunde bleibt die Frage offen, wie Rückmeldungen gestaltet werden können, um Studierende hinsichtlich der affektiv-motivationalen Komponente der Forschungskompetenz und der intrinsischen Motivation

zur Auseinandersetzung mit Forschung zu unterstützen. Auch die kognitive Komponente sowie der Wissenszuwachs sollten dabei weitere Beachtung finden, da eine positive Veränderung, jedoch keine Unterschiede zwischen den Arten der Rückmeldung festgestellt werden konnten. Möglicherweise könnten individuelle Rückmeldungen eine zusätzliche Unterstützung im Lernprozess darstellen. Hinsichtlich der Förderung der affektiv-motivationalen Komponente und der intrinsischen Motivation könnten insbesondere die Relevanz und der Nutzen von Forschung für den späteren Lehrberuf und damit einhergehend das Interesse an Forschung angesprochen werden (Gussen et al., 2023b; Wessels et al., 2021).

Literatur

- Besa, K., Lüking, S., Biel, A. & Wilde, M. (2023). Forschungskompetenz von Lehramtsstudierenden und Studierenden anderer Fachrichtungen. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 13(55), 55–74.
- Böttcher, F. & Thiel, F. (2017). Ergebnisse der Evaluation der Forschungsorientierten Lehre (FoL) an der Freien Universität Berlin. *Freie Universität Berlin*, 1–85. https://www.fu-berlin.de/sites/foL/_media/FoL-Evaluationsbericht_Dez_2017.pdf
- Böttcher-Oschmann, F., Groß-Ophoff, J. & Thiel, F. (2019). Validierung eines Fragebogens zur Erfassung studentischer Forschungskompetenzen über Selbsteinschätzungen – Ein Instrument zur Evaluation forschungsorientierter Lehr-Lernarrangements. *Unterrichtswissenschaft*, 47, 495–521.
- Fichten, W. (2010). Forschendes Lernen in der Lehrerbildung. In U. Eberhardt (Hrsg.), *Neue Impulse in der Hochschuldidaktik* (127–182). VS Verlag.
- García, J. A., Carcedo, R. J. & Castaño, J. L. (2019). The influence of feedback on competence, motivation, vitality, and performance in a throwing task. *Research quarterly for exercise and sport*, 90(2), 172–179.
- Großmann, N., Eckes, A. & Wilde, M. (2020). Prädiktoren der Kompetenzwahrnehmung von Schülerinnen und Schülern im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 36(3), 153–165.
- Gussen, L., Schumacher, F., Ferreira-González, L., Schlüter, K. & Großschedl, J. (2023a). Entwicklung biologiedidaktischer Forschungskompetenz bei Lehramtsstudierenden. *Die Hochschullehre*, 8, 101–116.
- Gussen, L., Schumacher, F., Ferreira-González, L., Schlüter, K. & Großschedl, J. (2023b). Supporting pre-service teachers in developing research competence. *Frontiers in Education*, 8, 1–9.

- H5P (2023). Interactive Video. <https://h5p.org/interactive-video>
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I. & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 1–25.
- KMK [Kultusministerkonferenz] (Hrsg.) (2024). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 08.2.2024).
- Kuklick, L. & Lindner, M. A. (2021). Computer-based knowledge of results feedback in different delivery modes: Effects on performance, motivation, and achievement emotions. *Contemporary Educational Psychology*, 67.
- Merkt, M., Weigand, S., Heier, A. & Schwan, S. (2011). Learning with videos vs. learning with print: The role of interactive features. *Learning and Instruction*, 21, 687–704.
- Mertens, U., Finn, B. & Lindner, M.A. (2022). Effects of computer-based feedback on lower- and higher-order learning outcomes: A network meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 114(8), 1743–1772.
- Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B. & Lonsdale, C. (2021). Video improves learning in higher education: A systematic review. *Review of Educational Research*, 91(2), 204–236.
- Reeve, J. (2015). *Understanding motivation and emotion* (6. Aufl.). Wiley.
- Ryan, R.M. & Deci, E.L. (2017). *Self-determination theory – Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press.
- Taxipulati, S. & Lu, H. (2021). The influence of feedback content and feedback time on multimedia learning achievement of college students and its mechanism. *Frontiers in Psychology*, 7, 1–14.
- Thiel, F. & Böttcher, F. (2014). Modellierung fächerübergreifender Forschungskompetenzen. *Neues Handbuch Hochschullehre*, 2(10), 109–124.
- Van der Kleij, F. M., Feskens, R. C. W. & Eggen, T. J. H. M. (2015). Effects of feedback in a computer-based learning environment on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 85(4), 474–511.
- Weidlich, J. & Spannagel, C. (2014). Die Vorbereitungsphase im Flipped Classroom. Vorlesungsvideos versus Aufgaben. In K. Rummel (Hrsg.), *Lernräume gestalten – Bildungskontexte vielfältig denken* (237–248). Waxmann.

- Wessels, I., Rueß, J., Jenßen, L., Gess, C. & Deicke, W. (2018). Beyond cognition: experts' views on affective-motivational research dispositions in the social sciences. *Frontiers in Psychology*, 9.
- Wessels, I., Rueß, J., Gess, C., Deicke, W. & Ziegler, M. (2021). Is research-based learning effective? Evidence from a pre-post analysis in the social sciences. *Studies in Higher Education*, 46(12), 2595–2609.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31–45.
- Wisniewski, B., Zierer, K. & Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology*, 10, 1–14.
- Wulf, C., Thiem, J., Gess, C. (2020). Motivationale Faktoren im Wirkungskontext von Forschendem Lernen. In C. Wulf, S. Haberstroh & M. Petersen (Hrsg.), *Forschendes Lernen* (129–144). Springer VS.

Informationen zu den Autor:innen

Mirlinda Musatafa

Universität zu Köln, Institut für Biologiedidaktik
mirlinda.mustafa@outlook.de,
<https://orcid.org/0009-0008-4495-4953>

Nadine Großmann

Universität zu Köln, Institut für Biologiedidaktik
nadine.grossmann@uni-koeln.de
<https://orcid.org/0000-0003-0997-5624>

Jörg Grossschedl

Universität zu Köln, Institut für Biologiedidaktik
j.grossschedl@uni-koeln.de
<https://orcid.org/0000-0002-7943-4818>

Entwicklung einer Bestimmungs-App für Schmetterlinge durch Lernende im DPaCK-Modell

Zusammenfassung

Die Vermittlung von Formen- und Artenkenntnis sind notwendige Aufgaben von Schulen, um dem Rückgang der biologischen Vielfalt zu begegnen. Damit leisten Schulen auch einen Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Im Rahmen des Projekts „ID-Nature“ wurde in Zusammenarbeit mit 500 Lernenden kollaborativ eine neue digitale Lernumgebung mit dem Ziel entwickelt, Lernenden das Erstellen digitaler Bestimmungsschlüssel zu ermöglichen. Grundlage dafür liefert die interaktive Bestimmungs-App „ID-Logics“, deren Content-Management-System (CMS) zu einer einfach zu bedienenden Lernplattform umgestaltet wurde. Die Vorstellungen der Lernenden über Schmetterlinge und ihre Projekterfahrungen wurden durch Interviews und Zeichnungen im Arbeitsprozess ermittelt. Die identifizierten Lernhürden waren weiterführende Grundlage bei der Entwicklung der App und Förderung der Schulklassen. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe des DPaCK-Modells analysiert und diskutiert. Neben dem Erwerb verschiedener digitaler Kompetenzen ermöglichte die Mitarbeit am CMS den Lernenden einen Perspektivwechsel, indem sie zu Expert:innen mit Verantwortung wurden. Anhand der Daten können wir den Nutzen des DPaCK-Modells aufzeigen und die Auswirkungen auf den (Biologie-)Unterricht erläutern.

Abstract

Teaching knowledge of shape and species is a necessary task for schools in order to counteract the decline in biodiversity thus contributing to Education for Sustainable Development (ESD). As part of the 'ID-Nature' project, a new digital learning environment was developed in collaboration with 500 learners with the aim of enabling learners to create digital identification keys. Therefore, we used the interactive identification tool 'ID-Logics', whose content management system (CMS) has been redesigned into an easy-to-use learning platform. The learners' conceptions about butterflies and their project experiences were gathered through interviews and drawings during the work process. The identified learning barriers were incorporated into the development of the app. The results were analyzed and discussed using the DPaCK model. In addition to acquiring various digital skills, working on the CMS enabled the learners to change their perspective by becoming experts with responsibility. Based on the data, we can demonstrate the benefits of the DPaCK model and discuss the implications for (biology) teaching.

1 Einleitung

Die Welt erlebt einen dramatischen Biodiversitätsverlust. Dabei stellt die Biodiversität die Grundlage dar für Nahrung, Wirkstoffe für Arzneien, menschliches Wohlbefinden und spielt eine zentrale Rolle für die Klimaregulation (IPBES, 2019). In Deutschland sind insbesondere die Arten der Agrarlandschaften stark vom Rückgang betroffen. Hallmann et al. (2017) stellten einen Rückgang von mehr als 75 % Biomasse an Fluginsekten fest. Aktuell sind 40 % der 184 in Deutschland vorkommenden Tagfalter bestandsgefährdet oder gelten als ausgestorben (Rote Liste Zentrum 2024). Schmetterlinge eignen sich besonders gut als Bioindikatoren, da sie sensibel gegenüber Umweltveränderungen wie Klima reagieren und sich relativ gut bestimmen lassen. Für ein Verständnis ihrer Biodiversität ist allerdings eine taxonomische Bildung grundlegend. Die dazu notwendige Artenkenntnis wird zunehmend anhand digitaler Bestimmungs-Apps vermittelt. Im Rahmen des Projekts „ID-Nature“ haben dazu 33 Lerngruppen kollaborativ einen digitalen Bestimmungsschlüssel exemplarisch für die Artengruppe der Tagfalter erstellt, der in Anwesenheit von 200 Lernenden veröffentlicht wurde. Leitlinien geben Empfehlungen zum Erwerb digital gestützter Arten- und Formenkenntnis und der Erstellung digitaler Bestimmungsschlüssel.

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

Unser Verständnis von Lernprozessen basiert auf dem moderaten Konstruktivismus (Duit & Treagust, 1998) und einem revidierten Conceptual-Change-Ansatz (Chi, 2008). Im Rahmen der didaktischen Rekonstruktion werden erhobene Lernendenvorstellungen mit der fachlichen Klärung in Beziehung gesetzt und bilden die Grundlage zur Gestaltung lernförderlicher, didaktisch rekonstruierter Unterrichtsvorschläge (Duit et al., 2005).

2.1 Bildung in Arten- und Formenkenntnis

Für das Erkennen von Arten beschreibt Gerl (2022) folgende Anforderungsniveaus: Formenkenntnis, Artenkenntnis und Wissen über die Art. Damit eng verbunden sind das Verständnis ökologischer Zusammenhänge, Fertigkeiten wie das Umgehen mit Bestimmungshilfen, naturschützende Einstellungen und entsprechende Verhaltensweisen gegenüber den Lebewesen (Mayer & Horn, 1989). Die Artenkenner:innen werden aber immer weniger und älter (Frobel & Schlumprecht, 2016). Auch bei Lernenden geht das Wissen über Artenvielfalt zurück, z. B. die Wirbeltierartenkenntnis (Gerl et al., 2021), die Vogelartenkenntnis (Sturm et al., 2020) und Pflanzen- und Tierkenntnis (Jaun-Holderegger et al., 2022). Für den Erwerb von Artenkenntnissen ist dabei nicht primär der Schulunterricht, sondern sind direkte Naturerfahrungen, außerschulische Lernorte und das familiäre Umfeld ausschlaggebend. Solche Naturbegegnungen sorgen auch für eine emotionale Verbundenheit mit der Natur (Louv, 2009). Allerdings belegt der jüngste Jugendreport Natur (Koll & Brämer, 2021) einen deutlichen Rückgang von Naturerlebnissen bei Jugendlichen, obwohl das Interesse an Naturbegegnungen vorhanden ist. Die Jugend-Naturbewusstseins-Studie von 2021 (BfN) zeigt auf, dass knapp drei Viertel der Jugendlichen die Abnahme der biologischen Vielfalt und insbesondere auch der Insekten bewusst ist, und für 70 % von ihnen ihre Bewahrung eine vorrangige gesellschaftliche Aufgabe darstellt. Diese Bereitschaft sollte aufgegriffen und Angebote im schulischen Kontext gemacht werden. Lindemann-Matthies und Remmele (2021) bemängeln aber einen Rückgang von Artenkenntniskompetenzen in den Schulcurricula (2021) und den Bildungsstandards Biologie von 2004 (Berck, 2009). Die aktuellen Bildungsstandards Naturwissenschaften haben nun Artenkenntnis und die Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen und ihrer Umwelt als verbindlichen inhaltlichen Aspekt aufgenommen. Die Bildungsstandards Biologie für die allgemeine Hochschulreife (KMK, 2020) fordern sogar das Erfassen von Arten in einem Areal. Artenkenntnis und Digitalität im Sinne des „Exemplarischen

Lernens“ (vgl. Gropengießer & Harms, 2023, S. 439) miteinander zu verknüpfen, könnte dieser Diskussion sinnvoll begegnen.

2.2 Digitale Bestimmungs-Apps

Neben herkömmlicher Bestimmungsliteratur kann mithilfe digitaler Bestimmungs-Apps Formen- und Artenkenntnis erlernt werden, was in einigen KCs bereits verankert ist (vgl. Fachlehrplan Biologie Sachsen-Anhalt). Die Artbestimmung erfolgt dabei entweder durch Fotoerkennung (Mäder et al., 2021) oder durch Grafiken als Multikriterien-Schlüssel (ID-Logics; Groß et al., 2018). In Hinblick auf den Erwerb von Kompetenzen zur Form- und Artenkenntnis wurden unterschiedliche, nicht digitale und digitale Bestimmungsformate bereits in der Schulpraxis (Finger et al., 2022) und an Didaktik-Seminaren (Schmidt, 2021) untersucht. Gerl und Aufleger (2022) unterstreichen die schüleraktivierende Nutzung digitaler Bestimmungshilfen, die in Verbindung mit einer Exkursion genutzt werden. Daneben existieren digitale Lernplattformen zum Erlernen von Artenkenntnis: die Zoologische Lernplattform DigiTiB (2023), die NABU Naturgucker Akademie (2023) sowie die BISA Biodiversität im Schulalltag (2023). Diesen Ansätzen ist gemein, dass sie auf digitale Kompetenzen der Nutzenden angewiesen sind. In Bezug auf die digitalen Wissens- und Kompetenzfacetten wurde daher das DPaCK-Modell (Huyer et al., 2019) zur Analyse herangezogen, das die Schnittmengen der drei relevanten Bereiche für die Gestaltung digitaler Bildung aufzeigt: pädagogisches (PK), inhaltliches (CK) und digitalitätsbezogenes (DK) Wissen (Abb. 1).

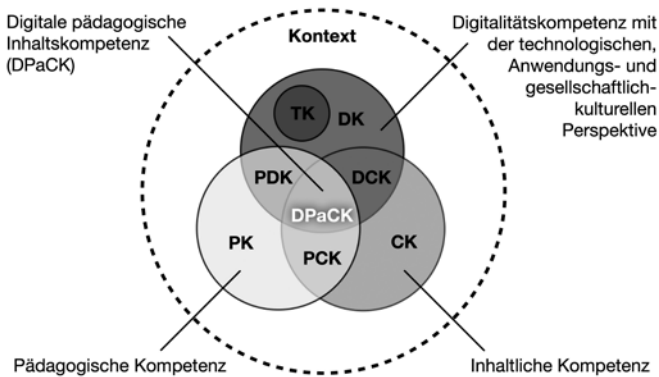


Abbildung 1: Das DPaCK-Modell erweitert das TPaCK-Modell um die Digitalitätskompetenz (nach Huwer et al., 2019).

2.3 Konzeption der Bestimmungs-App „ID-Logics“

Die eingesetzte App „ID-Logics“ hat eine eigene Intelligenz, die anhand einer internen Logik gezielte Fragestellungen zu unterschiedlichen Merkmalen stellt. Diese lassen sich beim Betrachten des Objekts durch Auswahl der passenden Merkmalsgrafiken einfach beantworten. Integrierte Erklärvideos bieten gezielte Hilfestellung bei schwierigen Stellen an. Vorstellungen von Lernenden werden bei der Erstellung des digitalen Lernangebots in verschiedenen Konzeptionen wie u. a. der Adaptivität mitberücksichtigt (vgl. Gerl, 2022). Zur Erstellung neuer Schlüssel wurde ein lernerorientiertes und kollaboratives Content-Management-System (CMS) im Rahmen des Projekts „ID-Nature“ in Zusammenarbeit mit Lernenden gestaltet. Dies ermöglicht entsprechend den Anforderungen der KMK (2017) das Erwerben digitaler Kompetenzen zur Produktplanung, -gestaltung und -veröffentlichung, Informationsverarbeitung und Urheber- und Nutzungsrechten.

3 Ziel und Fragestellungen

Die neue digitale Lernplattform der Bestimmungs-App „ID-Logics“ ermöglicht Lernenden die Erstellung digitaler Bestimmungsschlüssel. Einen wichtigen Bestandteil bilden u. a. die passende Formulierung sowie Gestaltung von Merkmalsgrafiken. Daraus leitet sich unsere erste Forschungsfrage ab:

- Wie lassen sich die Erkenntnisse über die heterogenen Lernendenvorstellungen für die Entwicklung eines digitalen Bestimmungsschlüssels zu Tagfaltern nutzen?

Darauf basierend sollen Leitlinien zum Erwerb digital gestützter Arten- und Formenkenntnis und zur Erstellung digitaler Bestimmungsschlüssel abgeleitet werden. Entsprechend lautet die zweite Forschungsfrage:

- Welche Wirkung zeigt das adaptive Lernangebot „ID-Nature“ zur Erstellung einer digitalen Bestimmungs-App in Bezug auf die fachlichen und digitalen Kompetenzen der Lernenden?

4 Untersuchungsdesign und methodischer Rahmen

4.1 Untersuchungsdesign

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen zweier qualitativer Teilstudien: Die erste orientierte sich am Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2005) sowie dem Design-Based-Research (DBR; McKenney & Reeves, 2018). Die kognitive Heterogenität der Lernendenvorstellungen zu Schmetterlingen wurde über ihre Identifikation mithilfe von leitfadengestützten Interviews und Zeichnungen (n = 6, 11–12 Jahre, Gymnasium) erhoben und in Bezug auf die erhobenen Konzepte verallgemeinert. In der Didaktischen Strukturierung wurden Lernenden- und fachliche Vorstellungen zu Schmetterlingen miteinander verglichen, um daraus Lernchancen und -hürden abzuleiten. Diese waren Grundlage für die Entwicklung der Bestimmungsfragen, der Merkmalsgrafiken und der Erklärvideos. Die zweite Teilstudie untersuchte die Identifikation der Lernprozesse mit den erworbenen fachlichen und digitalen Kompetenzen in der Projektarbeit. Diese wurden durch Interviews in Form retrospektiver Befragung (Groß & Gropengießer, 2003) erhoben (n = 8, 12–13 Jahre Gymnasium sowie n = 18, 11–12 Jahre Gymnasium). Die Daten beider Interviewgruppen wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Gropengießer, 2008) interpretiert und Konzepte methodisch kontrolliert abgeleitet. Diese Interviewgruppen repräsentieren dabei alle am Projekt Teilnehmenden aus 33 Lerngruppen (n = 33) von 19 Schulen, Studienseminar, Uni-Seminar und Umweltgruppe.

4.2 Methodischer Rahmen

Die in den Interviews erfassten Lernprozesse erfolgten im Rahmen der Mitarbeit am Projekt „ID-Nature“: Das schülerorientierte CMS ermöglicht die kollaborative Mitarbeit an der App – zur gleichen Zeit, an verschiedenen Standorten und mit unterschiedlichen Nutzungsrechten –, sodass die Lernenden gemeinsame Beiträge leisten können. In Kleingruppen erarbeiteten sich die Lernenden Fachwissen zu jeweils einer Schmetterlingsart. Dieses fügten sie (analog einer Programmierarbeit) anhand der folgenden drei Schritte in Einzelteilen in das CMS der App ein (vgl. Abb. 2): Erstens: Erstellen eines digitalen Steckbriefes mit Fotos und Text. Die Fotos konnten selbst erstellt, aus dem Internet unter Beachtung des Copyrights oder aus einem schon vorhandenen Fundus in der App herausgesucht werden. Zweitens: Auswählen verwechselbarer Arten mittels Bestimmungsbücher, -tafeln und -poster.

Sommers verbanden (5 von 6 Lernende), die auf Wiesen fliegen: „*Habe ich als Kind versucht zu fangen.*“ Dabei waren ihre Vorstellungen vielfältig, beispielsweise in Bezug auf die systematische Einordnung ins Tierreich (unklare Zugehörigkeit zur Klasse der Insekten; 3/6), die Entwicklung (Raupe allen bekannt, Begriffsunklarheit bei Puppe und Kokon; 5/6) und auf die Sinne (Existenz von Augen unklar, auf Unterseite oder in den Fühlern verortet, 4/6). Der Rüssel zur Nahrungsaufnahme von Nektar und „*Pflanzensaft*“ wurde mit dem von Mücke oder Elefant verglichen oder als „*ne Art Saugding*“ bezeichnet, ist aber nur auf einer Zeichnung zu sehen (Abb. 3a). Drei von sechs Zeichnungen zeigten gemusterte Flügel (z. B. Abb. 3b). Auf die Frage nach den Augenflecken auf den Flügeln beschrieben fast alle diese als der Abschreckung dienlich (4/6). Bei Vorlage von Fotos der Ober- und Unterseite wurde häufiger von unterschiedlichen Arten ausgegangen. Die Anzahl der Flügel war unklar: Die Mehrheit nannte zwei Flügel (4/6), nur einer überlegte, ob es vier sein könnten. Einer beschrieb sie als „*in der Mitte zwiegespalten, dass sie wie vier aussehen*“ (Abb. 3c). Auf drei von sechs der Abbildungen waren allerdings vier Flügel zu erkennen. Auch die Anzahl der Beine war unklar: Nur auf zwei Zeichnungen waren jeweils vier Beine zu erkennen (Abb. 3a, 3b), auf den anderen waren keine eingezeichnet. Auf Nachfrage kam entweder vier, „*gar keine*“ oder „*zwei hinten? Ja, wenn sie da so sitzen auf Steinen, dann sind's schon mehr vier*“. Ein Lernender hatte keine gezeichnet und meinte, es müssten aber doch sechs sein, weil Schmetterlinge zu den Insekten gehören.

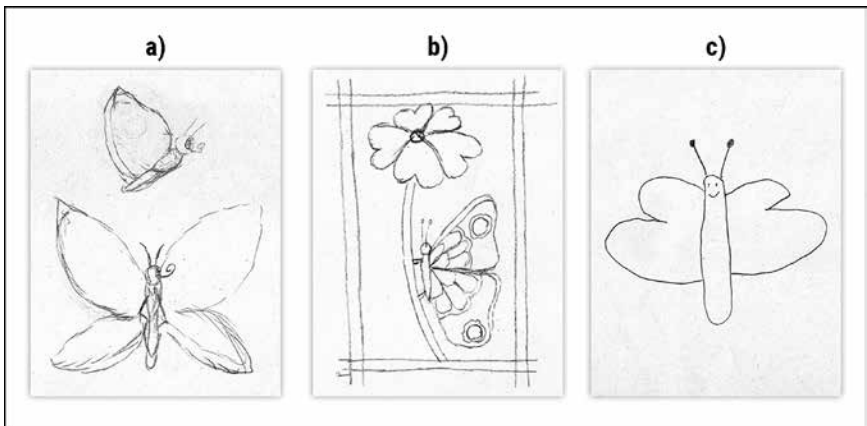


Abbildung 3: Exemplarische Zeichnungen zu Schmetterlingen.

5.2 Erworbene fachliche und digitale Kompetenzen

Anhand der retrospektiven Befragung (Teilstudie 2) wurde das Erwerben folgender fachlicher Kompetenzen zu Formen- und Artenwerb entsprechend den Kategorien des DPaCK-Modells erkennbar: Die Lernenden stellten zunächst eine veränderte Betrachtungsweise fest: Emely sagte: *„Ich glaub das nächste Mal, wenn ich einen sehe, der zum Beispiel nur blau ist, sag ich, glaube ich, nicht mehr, der ist nur blau, sondern dann muss man erstmal richtig hingucken, um zu sagen, was der noch so hat“* (Int. Emely, Pos. 22). Shellys Kommentar offenbarte eine echte Begeisterung über die Erkenntnis der Formen- und Artenvielfalt: *„[Es] waren schon relativ viele verschiedene Schmetterlingsarten und es gibt ja noch viel, viel mehr, und das finde ich sehr erstaunlich“* (Int. Shelly, Pos. 61). Dass die Auswahl der Merkmalsgrafiken zur Auseinandersetzung mit dem Vorkommen und der Lebensweise inspiriert wird, aus Karens Kommentar deutlich: *„Ich fand die [Karten mit den Merkmalsgrafiken] auch super. Ich fand es besonders gut, dass man dann so mehrere Auswahlmöglichkeiten hatte, und dann musste man nachlesen, um sie dann so hinlegen zu können“* (Int. Karen, Pos. 63). Und Levin stellte Folgendes zur Artgefährdung fest: *„Ich hab’ auch gehört, dass der Schwarze Apollo vom Aussterben bedroht ist, weil ihm die Umwelt und so nicht guttut und deswegen gibt es nicht mehr viele“* (Int. Levin, Pos. 135).

Folgende digitale Kompetenzen wurden erworben: Erlernen digitaler Basiskompetenzen wie beispielsweise korrekter Umgang mit Speicherprozessen: *„Irgendwann waren meine Nerven einfach nicht mehr so ganz, weil das dann ganz auf einmal gelöscht wurde“* (Int. Emely, Pos. 35); Internetrecherche: *„Wenn man irgendwas recherchiert hat, da kam es halt auch nicht direkt so. Das heißt, man musste auf mehreren Webseiten und so suchen und dann kamen auch immer verschiedene Sachen“* (Int. Shelly, Pos. 63); Achtung der Urheberrechte beim Heraussuchen passender Fotos: *„Ich hab’ darauf zuhause noch nie geachtet, hab einfach bei Google ein Foto genommen, was am besten aussah, und es dann eingefügt“* (Int. Levin, Pos. 128). Die Aussicht, eine App mit zu veröffentlichen, wurde als etwas Besonderes wahrgenommen. Sarah: *„Ich fand das früher immer auch cool, so Apps zu entwickeln. Ich hab’ das zwar noch nie gemacht, außer jetzt. Und dann hab’ ich mich gefragt, woher die denn die ganzen Informationen haben“* (Int. Sarah, Pos. 38). Die gemeinsame Arbeit an dieser App mit 33 Lerngruppen und der damit am Ende verbundenen Publikation ermöglichte den Lernenden darüber hinaus weitere Erfahrungen: motivierende Kollaboration und Zugehörigkeit zu „etwas Großem“: *„Wir haben den Apollofalter bekommen. Und Sie haben gesagt, dass Schüler an dieser App arbeiten sollen. Also wir machen 15–20 Arten im Gegensatz zu der anderen Schule, die machen ja auch noch ein paar“* (Int. Nael, Pos. 109). Dominik beschrieb seine anfängliche Skepsis

folgendermaßen: „Ich dachte am Anfang, dass wir alleine eine ganze App entwickeln. Ich war dann auch ein bisschen geschockt, weil ich wusste nicht, wie wir das jetzt machen sollen mit der ganzen Klasse. Nur dann war das schon eine Erleichterung, dass die App, so kann man sagen, vorbereitet wurde“ (Int. Dominik, Pos. 175). Nael fühlte sich dabei wie ein Experte: „Ich hab’ zuerst gedacht, dass wir ihnen die Informationen geben und dass die Profis die dann überarbeiten und sie dann in die App hinzufügen und anstatt dass wir das selber machen. Das war schon was Neues für mich, das mal zu lernen“ (Int. Nael, Pos. 169–170).

6 Diskussion

6.1 Nutzung der heterogenen Lernendenvorstellungen für die Entwicklung eines digitalen Bestimmungsschlüssels zu Tagfaltern

Die aus den Lernendenvorstellungen zu Schmetterlingen erworbenen Erkenntnisse flossen in die Formulierungen der Bestimmungsfragen, Gestaltung der Merkmalsgrafiken und Erklärvideos ein. Dieses soll exemplarisch am Beispiel der Anzahl der Beine erläutert werden (vgl. Abb. 4). Bei den Lernenden bestand Unklarheit bezüglich der Anzahl der Beine und damit der Zuordnung zu Insekten. Das ist auch bei fachlicher Betrachtung verständlich: Bei Arten wie dem Kohlweißling sind sechs Laufbeine erkennbar, beim Großen Schillerfalter jedoch nur vier. Schmetterlinge haben als Insekten grundsätzlich sechs Beine, die auch bei den Tagfalterfamilien Weißlinge und Ritterfalter entsprechend ausgebildet sind. Bei den Familien der Edelfalter und Augenfalter sind die Vorderbeine jedoch zu sogenannten „Putzpfeoten“ umgebildet und kaum erkennbar. Bei den Familien der Würselfalter und Bläulinge sind nur die Vorderbeine der Männchen verkümmert, sodass je nach Geschlecht vier oder sechs Beine erkennbar sind.

Im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion wurde daher die Anzahl der Beine als Lernhürde identifiziert und folgende Bestimmungsfrage entwickelt: „Wie viele Laufbeine haben Tagfalter?“ Da diese Grafiken jedoch auch die Fehlvorstellung unterstützen, dass einige Falter nur vier Beine haben, wurden diese im Rahmen der DBR-Methode erneut überarbeitet, um die beiden „fehlenden“ Beine als verkümmert zu kennzeichnen. So sind sechs Beine am Falter erkennbar, und er kann widerspruchlos der Klasse der Insekten zugeordnet werden.

Bestimmungsfrage: Wie viele Laufbeine haben Tagfalter?

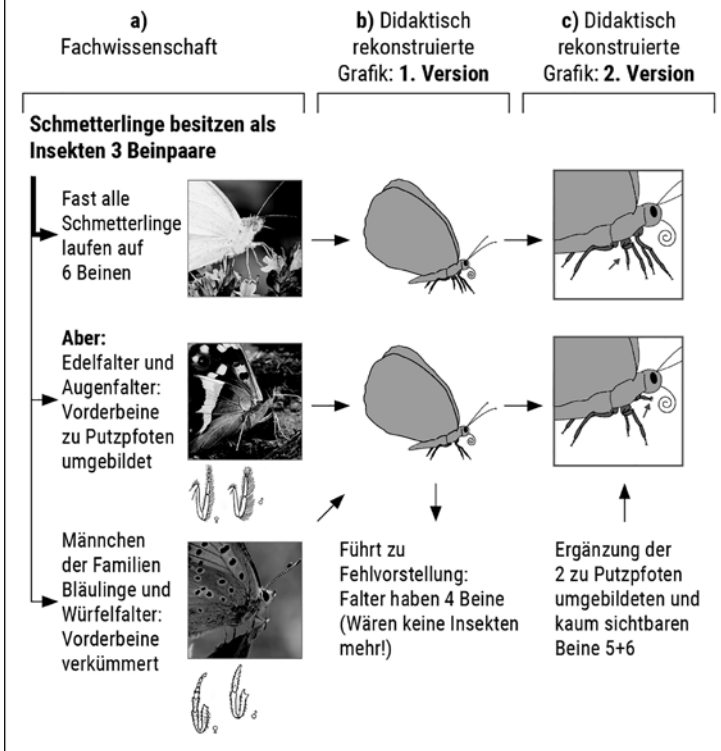


Abbildung 4: Entwicklung der Merkmalsgrafiken als didaktische Rekonstruktion. Vorderbeine: Klausnitzer 2011: 705, Fotos von oben nach unten: Peter Zahn, Tina Schulz, Zeynel Cebeci, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons).

6.2 Wirkung des adaptiven Lernangebots „ID-Nature“ zur Erstellung einer digitalen Bestimmungs-App in Bezug auf die fachlichen und digitalen Kompetenzen der Lernenden

Als Ergebnis lässt sich in Bezug auf den Erwerb fachlicher Kompetenzen feststellen, dass die intensive Beschäftigung mit einer Schmetterlingsart und der Auswahl passender Merkmalsgrafiken zum genauen Betrachten und damit zur Formenkenntnis auffordert (s. Emely). Die korrekte Auswahl der Merkmalsgrafiken zu Biotop

und geografischem Vorkommen erfordert das Heraussuchen der entsprechenden Informationen aus der Fachliteratur (s. Karen). Auch für das Anfertigen des Steckbriefs müssen die Lernenden Informationen herausuchen, wie beispielsweise die Futterpflanzen der Raupe. Ein Blick auf die ins CMS einzufügende Verbreitungskarte ihrer Art in Deutschland offenbart das veränderte Verbreitungsgebiet der Art über das letzte Jahrhundert. Dieses regt das Nachdenken über die veränderte Landschaft an. Durch die Auswahl verwechselbarer Arten weitet sich der Blick auf die Vielfalt der Erscheinungsformen und der jeweiligen arteiligen Eigenschaften. Dadurch erlangen die Lernenden alle drei Anforderungsniveaus für das Erkennen von Arten (Gerl, 2022).

Zur weiteren Analyse der Lernprozesse half das DPaCK-Modell: Dazu wurden die Äußerungen der Lernenden über ihren Lernprozess in Kategorien und Subkategorien eingeordnet und den entsprechenden Bereichen des Modells zugeordnet: dem digitalitätsbezogenen Wissen (DK), dem pädagogischen Wissen (PK), dem Inhaltswissen (CK) und ihren jeweiligen Schnittmengen. Abb. 5 zeigt Beispiele auf für vier ausgewählte Subkategorien aus dem Bereich „digitalitätsbezogenes Wissen“: „Unterstützung und Frustration durch Design“ (DK), „Möglichkeit zur Zusammenarbeit und Kollaboration“ (PDK), „Kognition durch Verknüpfung von Vorwissen“ (DCK) sowie „Selbstwirksamkeit und Verantwortung durch Übernahme der Expert:innenrolle (DpaCK)“.

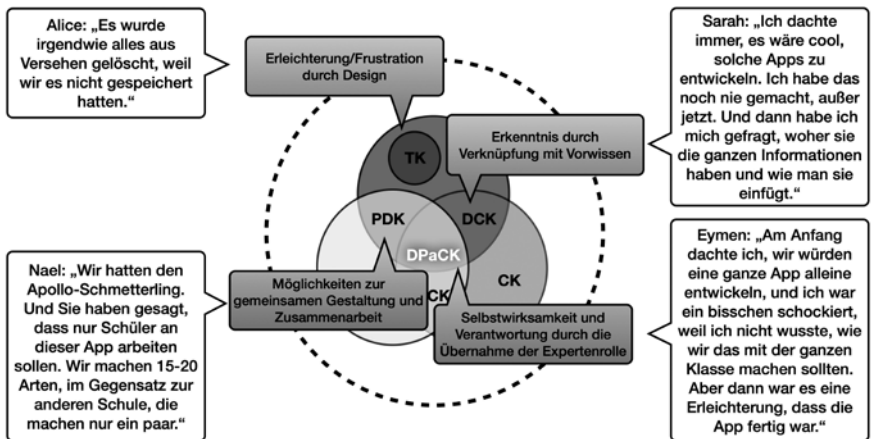


Abbildung 5: Ergebnisse des Lernprozesses mit dem DpaCK-Modell analysiert: erworbenes digitalitätsbezogenes Wissen (Baumann et al., 2023; nach Huwer et al., 2019).

Darüber hinaus wird durch die Übernahme der Expertenrolle und der dadurch verbundenen Verantwortung ein Perspektivwechsel ersichtlich (Baumann et al., 2023). Auch zeigte sich, dass sich die Möglichkeit der Partizipation motivierend auswirkte.

7 Fazit und Ausblick

Das Gestalten eines digitalen Bestimmungsschlüssels zu Tagfaltern ermöglicht eine fachliche Auseinandersetzung zu Formen- und Artenkenntnis sowie Erkenntnissen über ökologische Zusammenhänge. Der Ausblick auf die spätere Nutzung einer selbstgestalteten Bestimmungs-App im Freiland ist mehr als schüler:innenorientiert: Die Veröffentlichung dieses Gemeinschaftsprodukts motiviert nicht nur, es lässt die Lernenden Verantwortung spüren. Darüber hinaus ermöglicht Digitalität einen Perspektivwechsel durch die Übernahme der Expert:innenrolle und Verantwortung. Herausforderung bleibt nach dem DPaCK-Modell die bedienerfreundliche Gestaltung der digitalen Lernumgebung (CMS und Begleitmaterial), damit eine echte Partizipation durch die Lernenden ermöglicht wird. Als Ergebnis lassen sich folgende Leitlinien zum Erwerb digital gestützter Arten- und Formenkenntnisse und der Erstellung digitaler Bestimmungsschlüssel entwickeln:

- Reduktion auf wichtigste Unterscheidungsmerkmale hilft beim Erwerb von Formenkenntnis.
- Digitale Merkmalsgrafiken unterstützen den Erwerb von Artenkenntnis.
- Digitale Werkzeuge müssen einfach bedienbar und selbsterklärend sein.
- Durch digitale Mitgestaltung werden die Lernenden von Konsument:innen zu Produzent:innen.
- Die Reflexion über die neue Expert:innenrolle mit Verantwortung ermöglicht eine kritische Reflexion der digitalen Welt.

Aktuell gibt es zahlreiche Initiativen zur Erweiterung von Artenkenntnis. So organisiert beispielsweise die BANU (2023) bundesweit Kursangebote zu diversen Artengruppen. Auch der Verband Deutscher Ingenieure (VDI) entwickelt Standards zur Artbestimmung mit entsprechenden Kursangeboten zur Zertifizierung als Natur- und Landschaftsführer. Vielleicht bieten solche Zertifikate auch einen Anreiz für Lernende, ihre Artenkenntnis zu erweitern – womöglich mit einer eigenen erstellten Bestimmungs-App.

Literatur

- BANU (2021). *Bundesweiter Arbeitskreis der staatlich getragenen Umweltbildungsstätten im Natur- und Umweltschutz*. Online: <https://banu-akademien.de/projekte/> Zugriff: 11.12.2023.
- Baumann, B., Groß, J. & Michelsen, M. (2023). An app by students for students. *Front. Educ.* 8:1190462. doi: 10.3389/feduc.2023.1190462
- Berck, K.-H. (2009). Artenkenntnis wozu – Naturbegegnung was ist das? *MNU J*, 62, 2, 68–71.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2023). *Jugend-Naturbewusstsein 2021*.
- BISA (2023). *Biodiversität im Schulalltag*. Online: www.bisa100.de/ Kufstein/Österreich: Gerl, T., Zugriff: 13.12.2023.
- Chi, M. T. H. (2008). Three Types of Conceptual Change: Belief Revision, Mental Model Transformation, and categorical Shift. In S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change*. (pp. 61–82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- DigitiB (2023). *Lernplattform zur Vermittlung von Artenkenntnis*. Online: www.digitib.de/ Universität Greifswald und Technische Universität Darmstadt. Zugriff: 11.12.2023.
- Duit, R., Gropengiesser, H. & Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In H. E. Fischer (ed.), *Developing standards in research on science education* (pp. 1–9). Taylor & Francis.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (1998). Learning in Science – From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. *International Handbook of Science Education* (pp. 3–25). Springer. doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2_1
- Finger A., Bergmann-Gering, A. & Groß, E. (2022). The medium matters! The effect of a mobile digital identification tool on students' intrinsic motivation during plant identification, *Journal of Biological Education*. DOI: 10.1080/00219266.2022.2147204
- Fröbel, K. & Schlumprecht, H. (2016). Erosion der Artenkenner. Ergebnisse einer Befragung und notwendige Reaktionen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 48 (4), 105–113.
- Gerl, T. & Aufleger, M. (2022). Artenkenntnis – ein Fall für die rote Liste? *Unterricht Biologie*, 473, 2–9.
- Gerl, T., Randler, C. & Neuhaus B. J. (2021). Vertebrate species knowledge: an important skill is threatened by extinction. In: *International Journal of Science Education* 43(4). doi.org/10.1080/09500693.2021.1892232

- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: Mayring P., Gläser-Zikuda, M. (Hrsg.): *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse*. Beltz: 172–189.
- Gropengießer, H. & Harms, U. (Hrsg.) (2023). *Fachdidaktik Biologie*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Groß, J., Affeldt, S. & Stahl, D. (2018). Find My Name! Evidence-based Development of an Interactive Species Identification Tool. In: I. Eilks, S. Markic & B. Ralle (Eds.): *Building bridges across disciplines*, 97–108, Shaker.
- Groß, J. & Gropengießer, H. (2003). Erfassung von Lernprozessen mittels retrospektiver Befragung in Natur- und Erlebniswelten. In: *Erkenntnisweg Biologie-didaktik*, 91–102.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H. et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12(10): e0185809. doi.org/10.1371/journal.pone.0185809
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU J.* 72, 358–364.
- IPBES (2019). *Globales IPBES-Assessment zu Biodiversität und Ökosystemleistungen*. S. Díaz et al. (Hrsg.). IPBES-Sekretariat, Deutschland.
- Jaun-Holderegger, B., Lehnert, H.-J. & Lindemann-Matthies, P. (2022). Knowledge and perception of common local wild plant and animal species by children and their teachers – a case study from switzerland, *IJSE* 44(8), 1318–1335. doi.org/10.1080/09500693.2022.2076949
- Klausnitzer, B. (Hrsg.) (2011¹¹). *Stresemann. Exkursionsfauna von Deutschland 2*. Spektrum.
- KMK (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*.
- KMK (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*.
- Koll, H. & Brämer, R. (2021). *Natur auf Distanz*. Stadt und Land e.V. in NRW. Universität zu Köln. Deutsches Wanderinstitut Marburg.
- Lindemann-Matthies, P. & Remmele, M. (2021). Vermittlung von Artenkenntnis in der Schule – eine Analyse der Bildungspläne in Deutschland. *Natur und Landschaft*, 96 (8), 385–392.
- Louv, R. (2011). *Das letzte Kind im Wald? Geben wir unseren Kindern die Natur zurück!* Beltz.
- Mäder, P., Boho, D., Rzanny, M., Seeland, M., Wittich, H. C., Deggelmann, A. & Wäldchen, J. (2021). The Flora Incognita app – Interactive plant species identification. *Methods Ecol Evol.*:1–8. doi.org/10.1111/2041-210X. 13611
- Mayer, J. & Horn, F. (1989). Formenkenntnis – wozu? *Unterricht Biologie* 189. 4–13.

- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2018). *Conducting educational design research*. Routledge.
- NABU (2023). *Naturgucker Akademie*. Online: <https://artenwissen.online/>. Naturgucker.de. Zugriff: 11.12.2023.
- Rote Liste Zentrum (2024). www.rote-liste-zentrum.de/de/Tagfalter-Lepidoptera-Papilionoidea-Hesperioidea-1760.html. Zugriff: 10.1.2024.
- Schmidt, E. (2021). Naturerfahrungen durch Bestimmungssapps. In D. Graf et al. (Hrsg.), *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende*, Edition Fachdidaktiken, Springer, 167–173. doi.org/10.1007/978-3-658-32344-8_23
- Sturm, U., Voigt-Heucke, S., Mortega, K. G. & Mootmann, A. (2020). Die Artenkenntnis von Berliner Schüler_innen am Beispiel einheimischer Vögel. *ZfDN*. doi.org/10.1007/s40573-020-00117-8

Informationen zu den Autor:innen

Birgit Baumann

Leibniz Universität Hannover
baumann@idn.uni-hannover.de
<https://orcid.org/0009-0005-1799-5213>

Jorge Groß

Leibniz Universität Hannover
gross@idn.uni-hannover.de
<https://orcid.org/0000-0002-3525-9448>

Entwicklung eines Kriterienkataloges zur Gestaltung multimedialer Arbeitshefte (MuxBooks) für die Grundschule: eine Design-Based Research-Studie

Zusammenfassung

MuxBooks (Multimedia User Experience Books) sind ein modernes Arbeitsheftkonzept für den digital gestützten Unterricht. Von Fachpersonen werden leere eBooks vorstrukturiert, multimedial angereichert und anschließend von Lernenden individuell mit Inhalten gefüllt. Dieses Konzept wird bereits in vielfältigen Kontexten eingesetzt, ist jedoch bislang nur unzureichend erforscht.

In der vorliegenden Studie werden die Gestaltungskriterien der MuxBooks auf Basis der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) sowie die Gestaltungskriterien für Schulbücher und Arbeitsblätter untersucht. Durch eine qualitative Interviewstudie mit sechs Lehrkräften und acht Lernenden wurden die Relevanz und Anwendbarkeit dieser Kriterien evaluiert. Die Ergebnisse liefern einen theoriegeleiteten und praxisbasierten Kriterienkatalog für MuxBooks, der Einblicke für die Optimierung digitaler Bildungsmedien bietet und die Bedürfnisse im Sachunterricht berücksichtigt.

Abstract

A modern workbook concept for digitally supported teaching are MuxBooks (Multimedia User Experience Books). The empty eBooks are pre-structured by experts,

enriched with multimedia and then filled with content by the learners. This concept is widely used, but little research has been done.

This study examines the design criteria of MuxBooks based on the Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML), as well as the design criteria for textbooks and worksheets. A qualitative interview study was conducted with six teachers and eight students. The findings provide a theory-guided and practice-based criteria catalog for MuxBooks that offers insights for the optimization of digital educational media and considers the needs of primary STEM education.

1 Einleitung

Das MuxBook (Multimedia User Experience Book) ist ein modernes Arbeitsheftkonzept und wurde von Irion und Hägele (2020) entwickelt. Dieses medienpädagogisch ausgerichtete Konzept ermöglicht es Kindern, ihre Erfahrungen und Erkenntnisse multimedial zu dokumentieren.

In einer Weiterentwicklung durch Tramowsky und Irion (2021) wurde das Konzept für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht adaptiert. Lehrkräfte und Fachdidaktiker:innen unterstützen den Lernprozess durch themenspezifische, multimedial angereicherte und vorstrukturierte MuxBooks. Diese enthalten Erklärvideos, Audiodateien und digitales Storytelling (Tramowsky, 2023a). Pädagogische Agenten (Beege & Schneider, 2023; Martha & Santoso, 2019) führen narrativ durch das MuxBook und geben Instruktionen. Außerdem werden bewährte Konzepte wie Scaffolding (Arnold et al., 2017) integriert, die individuell an die Bedürfnisse der Lernenden angepasst werden können (Behrensen et al., 2015).

MuxBooks können Lernbarrieren (Stinken-Rösner & Abels, 2021) durch unterschiedliche Darstellungsformen und sprachensible Hilfen abbauen: Solche Hilfen fördern das Verständnis naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (Peschel, 2016) und unterstützen handlungsorientierte Aktivitäten (Tramowsky, 2023b). Entscheidend ist, dass die Lernenden aktiv in den MuxBooks arbeiten, Aufgaben beantworten und diese individuell, multimedial und selbstständig ergänzen, während sie im realen Raum tätig sind.

Das MuxBook-Konzept basiert auf einer digitalisierten und multimedialen Mischung aus Arbeitsblatt und Schulbuch. Im Rahmen dieser Studie werden daher zunächst auf Grundlage der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) und der Gestaltungskriterien für Schulbücher und Arbeitsblätter (vgl. Kap. 2) mögliche Kriterien abgeleitet. Durch eine Interviewstudie soll ermittelt werden, welche

der genannten Kriterien aus Sicht der Nutzer:innen (Lehrende und Lernende) für MuxBooks in der Primarstufe angemessen und relevant sind. Ziel der vorliegenden Studie ist es, basierend auf diesen Gestaltungskriterien die für die Zielgruppe relevanten Kriterien zu filtern, zu präzisieren und zu einem neuen Kriterienkatalog mit Gestaltungsprinzipien für MuxBooks für die Primarstufe zusammenzufassen. Dieser kann als Handreichung zur Gestaltung und Prüfung genutzt werden.

2 Theoretische Rahmung

Um Gestaltungsmerkmale für MuxBooks abzuleiten, wurden zunächst die relevantesten Merkmale aus der Literatur gesichtet. Da MuxBooks eine Mischung aus Arbeitsblatt und Schulbuch sind, wurden unter 2.2 und 2.3 die Gestaltungskriterien für eben diese eruiert und die wichtigsten zusammengefasst. Da MuxBooks aber auch multimediale Arbeitsmittel sind, wurde die CTML als eine der wichtigsten Theorien multimedialen Lernens herangezogen und unter 2.1 zusammengefasst.

2.1 Cognitive Theory of Multimedia Learning

Die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) basiert auf der Cognitive Load Theory (CLT), die von einer begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ausgeht (Sweller, 2020). Die CTML erweitert die CLT für multimediale Lernumgebungen und identifiziert Gestaltungsprinzipien, die effektives Lernen ermöglichen.

Die CTML postuliert, dass Informationen über visuelle und auditive Kanäle aufgenommen werden. Kombinationen beider Kanäle werden leichter erlernt als reiner Text. Ergänzende Bilder sind dabei relevanter, je geringer das Vorwissen der Lernenden ist (Schnotz, 2014).

Wichtige Prinzipien umfassen u. a.:

- Kohärenz: Passung von Informationen,
- Redundanz: Vermeiden von Wiederholungen,
- Signalisierung: Hervorheben wichtiger Inhalte,
- Split-Attention-Prinzip: räumliche Nähe zusammengehörender Objekte und
- Modalität: Nutzung gesprochener statt geschriebener Erläuterungen (Mayer, 2014).

Diese Prinzipien sind besonders bei Novizen wirksam, jedoch weniger bei Lernenden mit viel Vorwissen (Scheiter et al., 2018). Die CTML basiert auf umfangreicher psychologischer Forschung und hat sich in der Gestaltung multimedialer Lehrmittel bewährt (Fuchs et al., 2014).

2.2 Gestaltungskriterien für Arbeitsblätter

Arbeitsblätter sind im naturwissenschaftlichen Unterricht weit verbreitet (Friedrich, 2020), werden aber oft unreflektiert und ohne wissenschaftlichen Hintergrund erstellt (Kahler, 2012). Es existieren formale Gestaltungsrichtlinien (Brettschneider, 2001; Neumann, 2012), die jedoch selten beachtet werden.

Besonders für MuxBooks relevante Kriterien sind:

- Verwendung von maximal drei verschiedenen Schriftarten,
- klare Gliederung,
- kurze und prägnante Darstellung und
- ergänzende Abbildungen (Neumann, 2012).

2.3 Gestaltungskriterien für Schulbücher

Für Schulbücher existieren aus der Gestaltpsychologie übernommene Kriterien, deren Anwendung nicht obligatorisch ist (Dittmar et al., 2017). Aufdermauer und Hesse (2006) betonen die fehlende Verbindlichkeit von Kriterienkatalogen trotz der Qualitätssicherung durch die Bundesländer.

Die Literatur bietet zahlreiche Raster zur Evaluation von Schulbüchern (Bölscherli et al., 2015; Fey, 2015). Schneider et al. (2018) ordnen Gestaltungsaspekte Kriterien wie Layout, Inhaltsorganisation, Kohäsion und Bildgestaltung zu. Fuchs et al. (2014) nennen Gestaltungskriterien, die teilweise mit der CTML übereinstimmen, wie die Nutzung einfacher Formen. Bei digitalen Schulbüchern ist eine übersichtliche Gestaltung entscheidend (Ulrich et al., 2014). Dittmar et al. (2017) untersuchten gängige Schulbücher für den Biologieunterricht und identifizierten Hindernisse wie inkonsistente Beschriftungen und verwirrende Lesefolgen.

Besonders für MuxBooks relevant sind:

- Einfache Formen (Fuchs et al., 2014),
- übersichtliche Gestaltung (Ulrich et al., 2014) und
- visualisierbare Sachverhalte durch Bilder unterstützen (Schneider et al., 2018).

3 Forschungsfrage

Die vorliegende Studie untersucht, inwiefern Kriterien für die Gestaltung von Arbeitsblättern (Neumann, 2012), Schulbüchern (Fuchs et al., 2014; Ulrich et al., 2014) und multimedialen Arbeitsmitteln (Mayer, 2014) auf MuxBooks übertragen werden können, und zwar vor allem deshalb, weil die Kriterien für Schulbücher auf die Sekundarstufe bezogen sind. Da in der Grundschule andere Voraussetzungen herrschen (z. B. geringeres Vorwissen, geringere Lese- und Schreibkompetenz), bleibt unklar, inwieweit diese Kriterien übertragbar sind.

Ziel der Studie ist es, zu ermitteln, ob und in welcher Form bestehende Kriterien aus Sicht der Nutzer:innen für die Gestaltung von MuxBooks relevant sind und um welche erfahrungsbasierten Kriterien diese erweitert werden müssen.

Die abgeleitete Forschungsfrage lautet:

Welche forschungsbasierten und theoriegeleiteten Gestaltungskriterien sind für MuxBooks relevant und welche sollten ergänzt werden, um den Anforderungen von Lehrkräften und Schüler:innen im Sachunterricht gerecht zu werden?

4 Methodischer Rahmen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird das Forschungsdesign „Design-Based Research“ (DBR) verwendet. DBR hat sich insbesondere für die Entwicklung und Erprobung neuer Materialien bewährt (Reinmann, 2017; Wilhelm & Hopf, 2014), da das Kernelement eine hohe Theorie-Praxis-Verschrankung ist. Idealtypisch wird zunächst theoretisch fundiertes Wissen generiert, das in die Materialerstellung einfließt. In dieser Studie war dies nur bedingt möglich, da mit bereits vorhandenen Materialien gearbeitet wurde.

Eine studentische Hilfskraft erstellte unter wissenschaftlicher Anleitung ein MuxBook zum Thema Wildbiene (Larsen & Raab, 2023), das zwar fachdidaktische Standards einhielt und manche Kriterien (z. B. übersichtliche Seiten) integrierte, jedoch nicht streng nach Gestaltungskriterien der CTML, Arbeitsblättern oder Schulbüchern erstellt wurde. Fachwissenschaftliche, fachdidaktische und medienpädagogische Perspektiven von beteiligten Expert:innen wurden einbezogen.

Im DBR wird das erstellte Material von Expert:innen aus der Praxis erprobt. Basierend auf deren erfahrungsbasiertem Wissen (vgl. Hammann & Asshoff, 2023) wird das Material verbessert und in weiteren Zyklen erneut getestet. In dieser Studie erfolgte zunächst eine Erprobung des MuxBooks mit sechs Lehrkräften (Zyklus 1a)

und daran anschließend mit acht Lernenden der Primarstufe (Zyklus 1b). Abschließend erfolgte die Überarbeitung des Materials durch die Erstautorin (Abb. 1).

Zur Erhebung des erfahrungsbasierten Wissens wurden Befragungen mittels Lautem Denken (Konrad, 2010) und leitfadengestützten Interviews (Niebert & Gropengießer, 2014) durchgeführt. Im Rahmen der Erstellung des Interviewleitfadens wurden die Prinzipien der CTML (vgl. 2.1.) auf MuxBooks bezogen und umformuliert, um zu eruieren, ob diese auch bei MuxBooks relevant sind. Das Prinzip der „Vermenschlichung“ wurde in die Kategorie „Pädagogische Agenten“ umformuliert.

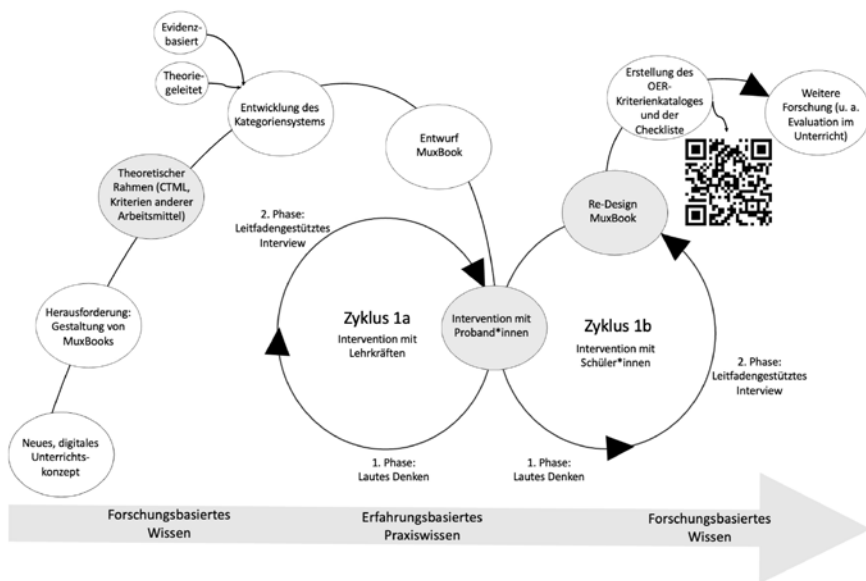


Abbildung 1: Forschungs- und erfahrungsbasiertes Wissen im Dialog. Qualitatives Forschungsdesign der Studie im Design-Based Research (DBR). Zyklus 1a mit Lehrpersonen der Grundschule (n=6), Zyklus 1b mit Schüler:innen der 4. Jahrgangsstufe (n=8).

Mögliche Kriterien für die Gestaltung multimedialer Bücher wurden aus der Literatur (2.1–2.3) abgeleitet und für den Leitfaden zu Fragen umformuliert. So wurden die Prinzipien der CTML der Kategorie „multimediale Kriterien“ zugeordnet und wie folgt umformuliert: Das von van Gog (2014) beschriebene Prinzip der Signalisierung, also die Hervorhebung besonders relevanter Inhalte (vgl. 2.1),

wird im Leitfaden durch die Frage „Was könnte man verbessern, um die Zwecke – also beispielsweise Arbeitsaufträge – auf den einzelnen Seiten eindeutiger identifizierbar zu machen?“ veranschaulicht. Während des Lauten Denkens wurde auch darauf geachtet, ob Signalisierungselemente wie Aufzählungen, Rahmen und Unterstreichungen als positiv wahrgenommen werden. Die Leitfaden-Kategorien „Allgemeine Gestaltung“, „Formal-ästhetische Kriterien“, „Didaktik & Methodik“ und „Aufgaben“ setzen sich aus der CTML sowie den Gestaltungskriterien für Schulbücher und Arbeitsblätter zusammen. Zusätzlich wurde die Rubrik „Wünsche & Anregungen“ integriert, um praxisrelevanten Ergänzungen Raum zu geben.

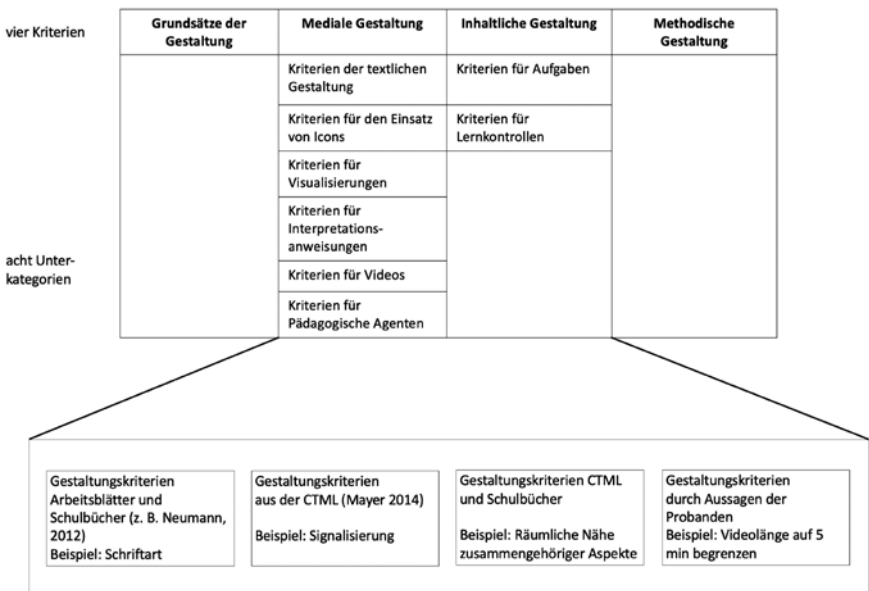


Abbildung 2: MAXQDA-Codesystem. Deduktive Entwicklung anhand von forschungsbasiertem Wissen und induktive Entwicklung anhand von erfahrungsbasiertem Wissen (Interviews).

Im Anschluss an ein Probeinterview mit einer Masterstudentin und die Diskussion des Leitfadens im Projektteam (Grundschulprofessor, Fachdidaktiker:innen und Fachwissenschaftler:innen) wurde das entwickelte Material sechs Lehrkräften (Großraum Freiburg) präsentiert. Diese mussten seit mindestens fünf Jahren das Fach Sachunterricht lehren. Sie sahen das Material laut denkend (Hofmann, 2017; Sandmann, 2014) durch; vorab wurde eine Übung dazu durchgeführt. Lautes Denken erlaubt die Rekonstruktion von Gedankengängen (Hofmann, 2017), da die

Lehrkräfte ihre Gedanken verbalisieren, wodurch Forschende diese während eines Lernprozesses erfassen können.

Nach der Materialpräsentation folgten leitfadengestützte Interviews (Niebert & Gropengießer, 2014), die videografiert wurden (je ca. 70 min). Die transkribierten Aussagen wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2013; Krüger & Riemeier, 2014) ausgewertet (Abb. 3).

Mit MAXQDA wurden den Aussagen Codes zugeordnet, die wiederum in die Kriterien „Grundsätzliche Gestaltung“, „Mediale Gestaltung“, „Inhaltliche Gestaltung“ und „Methodische Gestaltung“ eingeordnet wurden. Teilweise wurden sie feiner unterteilt, z. B. ist die „inhaltliche Gestaltung“ in „Gestaltungskriterien für Aufgaben“ und „Gestaltung von Lernkontrollen“ gegliedert (Abb. 2). Kriteriumsaspekte wurden nur aufgenommen, wenn mehrere Proband:innen Aussagen dazu tätigten.

Die erarbeiteten Inhalte und Interviews dienten der Anpassung des Leitfadens. Anschließend wurde das Material empirisch mit acht Viertklässlern einer Freiburger Schule (4 weiblich, 4 männlich) getestet. Die Kinder hatten Vorkenntnisse im Umgang mit iPads, und die Teilnahme war freiwillig. Bis auf die Filmaufnahme, die aus Zeitgründen ausgelassen wurde, bearbeiteten sie das gesamte MuxBook. Es

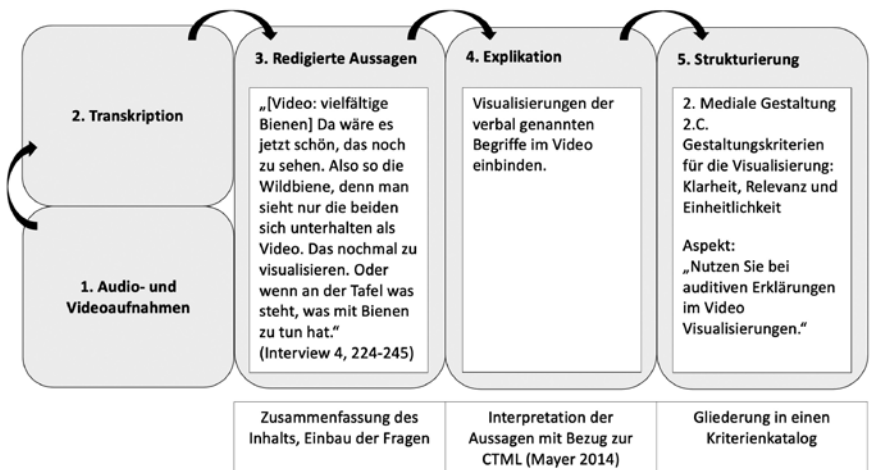


Abbildung 3: Methodische Auswertung der Interviews (qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring, 2013). Weiße Boxen beinhalten Beispiele aus dem Interview einer Lehrkraft zum Kriterium „Mediale Gestaltung“.

folgte ein Gruppeninterview, das wie das der Lehrkräfte videografiert, aufbereitet und ausgewertet wurde. Daraufhin wurde der Kriterienkatalog überarbeitet und ergänzt. Die Forschungsfrage, welche Gestaltungskriterien für MuxBooks relevant sind, konnte durch den Kriterienkatalog beantwortet werden.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse basieren auf zwei Teilzyklen (1a und 1b). Die auf Basis der erhobenen Daten gewonnenen Erkenntnisse führten zur Entwicklung von 86 Gestaltungsspekten. Diese basieren sowohl auf Forschungs- als auch auf Erfahrungswissen und lassen sich in vier Kriterien unterteilen, die aus der theoretischen Rahmung abgeleitet wurden:

1. Grundsätze der Gestaltung,
2. mediale Gestaltung,
3. inhaltliche Gestaltung und
4. methodische Gestaltung.

Es erfolgt eine weitere Differenzierung in spezifische Kriterien, wie „Gestaltungskriterien für die textliche Gestaltung“ oder „Gestaltungskriterien für den Einsatz von Icons“ (Abb. 4). Der Kriterienkatalog wurde als Open Educational Ressource (OER) für Lehrkräfte und Bildungsentwickler veröffentlicht (Abb. 4; QR-Code in Abb. 1, www.oerbw.de). Der Kriterienkatalog basiert auf den am häufigsten genannten Faktoren. Zu den wesentlichen Kriterien zählen eine einheitliche Gestaltung, gendersensible Rollenbilder und interaktive Aufgabenformate. Mit einer Checkliste, die alle Aspekte als Fragen mit fünfstufiger Antwortskala umfasst, können multimediale Arbeitshefte überprüft und analysiert werden.

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse präsentiert.

Die Relevanz einiger Kriterien wird von Lehrkräften und Lernenden unterschiedlich wahrgenommen (vgl. Tab. 1). Lehrkräfte äußern sich positiv über die Figuren („Mir gefallen die Figuren total, toll finde ich, dass auch dunkelhäutige Kinder dabei sind.“, LK1, Zeile 22), geben jedoch auch Verbesserungsvorschläge („Oh, aber der Helm vom Jogi geht gar nicht.“, LK1, Zeile 98). Bezüglich der eingesetzten pädagogischen Agenten (Kriterium 2.F) äußerten die Lehrkräfte, dass sie diese als Leitfiguren hilfreich fanden. Während der Erhebung mit den Lernenden fielen die Leitfiguren nicht weiter auf; einige fanden sie hilfreich, andere hätten auf sie verzichtet.

2. Mediale Gestaltung

2. A. Gestaltungskriterien für die textliche Gestaltung: Klarheit, Einheitlichkeit und Verständlichkeit

- Nutzen Sie eine menschliche Stimme statt einer Computerstimme, wenn Texte vorgelesen werden.
 - Verwenden Sie Begriffe einheitlich, in gleicher Reihenfolge und präzise.
 - Meiden Sie Wortdopplung für unterschiedliche Kontexte.
 - Erklären Sie Fremdwörter und Fachtermini.
 - Erklären Sie Schlüsselbegriffe verbal und schriftlich.
 - Verwenden Sie eine serifenfreie Schulschriftart (In BookCreator: Didactic Gothic).
 - Schreiben Sie den Text groß genug.
 - Gestalten Sie Texte informativ.
 - Schreiben Sie Gendersprache aus.
-

2. B. Gestaltungskriterien für den Einsatz von Icons: Einheitlichkeit und Verständlichkeit

- Nutzen Sie einheitliche Icons (auch über mehrere Bücher hinweg).
- Nutzen Sie intuitiv verständliche Icons.
- Erklären Sie nur Icons, die auch genutzt werden.
- Fügen Sie bei der schriftlichen Erklärung der Icons auch eine auditive Erklärung ein, die beim Tippen von Icons gehört wird.

2. C. Gestaltungskriterien für die Visualisierung: Klarheit, Relevanz und Einheitlichkeit

- Nutzen Sie bei auditiven Erklärungen im Video, aber auch bei komplexen Aufgabenstellungen und bei wichtigen Informationen, Visualisierungen.
- Meiden Sie irrelevante und thematisch unpassende Visualisierungen (auch im Freien und im Hintergrund).
- Machen Sie Visualisierungen vergleichbar, indem Sie aus gleicher Perspektive aufnehmen.

Abbildung 4: Ausschnitt aus dem generierten Kriterienkatalog. Gliederung der Gestaltungsaspekte in vier Kriterien (hier: Grundsätze der Gestaltung und mediale Gestaltung) (Klein et al., 2023)

Tabelle 1: Vergleich der genannten Aspekte für die Gestaltung von MuxBooks, die von Lehrenden und Lernenden unterschiedlich vertreten werden (Unterschiede; Legende: [•] Kriteriumsaspekt wird zustimmend vertreten).

Gestaltungskriterium	Kriteriumsaspekt	Lehrende	Lernende
Grundsätzliche Gestaltungskriterien	Geschlechtsneutrale Farben	•	
	Einseitiger Lesemodus	•	
	Anpassung der Textform	•	
	Platz zum Ausprobieren		•
	Wörterbuch mit Fremdwörtern		•
	Mehr Versuche einbauen		•
	Vorwissen abrufen, Beispielsätze geben		•
Mediale Gestaltungskriterien	Erhöhung der Textmenge		•
	Verwendung relevanter Texte		•
	Gendersprache ausschreiben		•
	Auditive Erläuterungen bei Icons	•	
	Erläuterungen der Icons im Vorfeld		•
	Nur relevante Icons erläutern		•
	Zeitliche Schritte einbeziehen		•
	Geplante Spontanität vermeiden oder erläutern		•
	Anweisungen vor Videos		•
	Warnhinweise bei gefährlichen Gegenständen	•	
	Deutliche Überleitung und Vermeidung von Dopplungen		•
	Keine Lebewesen einsperren (Tierschutz)		•
	Thematisch passende Details bei Leitfiguren	•	
	Leitfiguren einzeln vorstellen und Größe beibehalten	•	
Kommunikation und Geschlechterverhältnis bei Leitfiguren	•		
Inhaltliche Kriterien	Nachhaltiger Charakter von Aufgaben	•	
	Aufgaben konkretisieren und vernetzen	•	
	Klare Markierung und Anpassung der Aufgabenanzahl	•	
	Bezug auf Ausgangsfrage und Nutzung externer Apps	•	
	Dokumentation von Vorwissen und Lernfortschritt	•	
	Korrektur des Geschriebenen	•	
Methodische Kriterien	Malen mit Pencil optional	•	
	Einbindung von Expert:innen	•	
	Nutzung besonderer technischer Möglichkeiten	•	
	Notizblatt für Gedanken und Fragen	•	

Die Lernenden merken an, dass mehr Informationen in den Texten (2.A) und eine Erklärung des zeitlichen Zusammenhangs bei mehreren Videos notwendig seien (2.E). Dies soll Ablenkungen, wie etwa durch wechselnde Kleidung („Jetzt hat er wieder ein anderes T-Shirt an.“; K7, Zeile 768), vermeiden.

Bei vielen Kriterien zur Gestaltung der Videos (2.E) stimmen Lehrkräfte und Lernende überein (vgl. Tab 2.).

Tabelle 2: Von Lehrenden und Lernenden vertretene Kriteriumsaspekte für MuxBooks (Gemeinsamkeiten).

Gestaltungskriterium	Kriteriumsaspekt
Grundsätzliche Gestaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Passendes Layout • Passendes Layout • Einheitliche Gestaltung • Strukturierung • Klare Schnitte • Signalisierungen • Lese-Reihenfolge • Nähe von Inhalten • Versteckte Lösungen • Vielfältige Aufgabenformate Einheitliche Gestaltung • Strukturierung • Klare Schnitte • Signalisierungen • Lese-Reihenfolge • Nähe von Inhalten • Versteckte Lösungen • Vielfältige Aufgabenformate
Mediale Gestaltungskriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Menschliche Stimme • Einheitliche Begriffe • Erklärung von Fremdwörtern • Serifenfreie Schriftart • Ausreichende Textgröße • Einheitliche und intuitive Icons • Nutzung und Vermeidung von Visualisierungen • Markierungen • Stilistische Einheitlichkeit • Gute Auflösung • Inhaltliche Anweisungen
Inhaltliche Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Konkrete Aufgaben • Vielfältige und differenzierende Aufgaben • Mischung digital/analog • Schritt-für-Schritt-Anleitungen • Trennung von Arbeitsaufträgen und Erklärungen • Explizite Nennung relevanter Informationen • Vorwissen aktivieren • Zusammenfassung wichtiger Inhalte
Methodische Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Interaktive Aufgaben • Tipps und Hilfestellungen • Präsentation selbstproduzierter Inhalte • Überblick/Abhak-Liste • Anklickbare Buttons • Handhabungshinweise für Nutzer:innen

Nach Abschluss der DBR-Zyklen wurde das MuxBook durch die Autorinnen einer umfassenden Überarbeitung unterzogen (Abb. 5). Eine Überarbeitung der Videos ist derzeit in Arbeit.

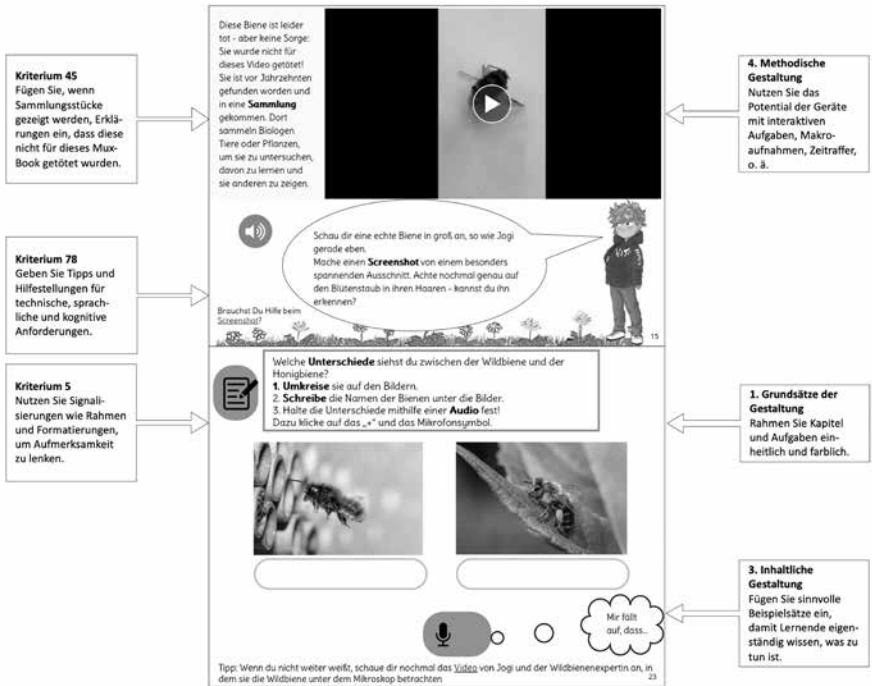


Abbildung 5: Überarbeitetes MuxBook am Ende des Zyklus 1b des DBR. Veränderte Aspekte auf Grundlage der gefundenen Gestaltungskriterien mit zugehörigem Kriteriumsaspekt in Kästen dargestellt. Darstellung am Beispiel der S. 15 und S. 23 des aktualisierten MuxBooks.

6 Diskussion und Limitationen der Studie

In den Interviews wurden viele Prinzipien der CTML (Mayer, 2014) genannt, die als Grundlage für MuxBooks dienen können, darunter Signalisierung, Redundanz und die Nutzung menschlicher Stimmen. Sowohl Lehrkräfte untereinander als auch Lehrkräfte und Lernende haben jedoch unterschiedliche Auffassungen zu Instruktionen und Schwierigkeitsgrad der Texte, die individuell an Klassen angepasst werden müssen. Aufgrund der hohen Heterogenität in Grundschulen sind keine allgemeinen Aussagen möglich. Diese situative Bedingtheit gilt für mehrere Kriterien, weshalb der Katalog stets kritisch und mit Blick auf Klasse und Thema zu nutzen ist.

Im Vergleich zu den Kriterien analoger Arbeitsmittel ist der vorliegende Katalog präziser. Brettschneider (2001) und Neumann (2012) verwenden beispielsweise den Begriff „Lösungshilfe“ ohne weitere Konkretisierung. Der erarbeitete Kata-

log gibt konkrete Anweisungen wie „Präsentieren Sie Lösungen versteckt, also auf einer anderen Seite oder in einer Datei und erst nach Wiederholung der Aufgabe“ (Klein et al., 2023, S. 1). Außerdem werden in der Literatur die Kriterien in Fließtexten über viele Seiten beschrieben (Neumann, 2012), was hier reduziert wurde.

Der Kriterienkatalog beinhaltet jedoch sowohl fächerübergreifend geltende als auch einige fachspezifische Aspekte (z. B. „Bauen Sie genügend Versuche für den gesamten Forschungsprozess ein.“). Hier könnte überlegt werden, den Katalog anders zu gliedern und forschungsabhängig Kriterien für verschiedene Fächer einzufügen.

Da bei MuxBooks die Gestaltung von verschiedenen Arbeitsmitteln (multimediales Lernen, Arbeitsblätter, Schulbücher) berücksichtigt werden müssen, ist der Katalog insgesamt sehr umfangreich. Alle Aspekte sind zudem gleichwertig aufgeführt, obwohl manche Aspekte (z. B. die „einheitliche Gestaltung“) als wichtiger angenommen werden können als andere (z. B. „menschliche Stimme“). Eine Gewichtung wäre daher vorteilhaft. Wie diese etabliert werden kann, bleibt als Forschungsdesiderat offen. Außerdem bleibt offen, inwiefern andere Ansätze, wie „Universal Design for Learning“ (CAST, 2018) weitere Kriterien beisteuern könnten. Das Universal Design liefert allgemeinere Hinweise, während die CTML konkretere Anweisungen gibt.

Da die Stichprobengröße nur eine exemplarische Verallgemeinerung zulässt, sind quantitative Untersuchungen unbedingt notwendig. Zudem wurden die Daten nur von einer Person codiert und ausgewertet, sodass keine Interrater-Reliabilität vorliegt. Insofern ist eine externe Validierung wünschenswert, die auch zu einer Kondensierung der Kriterien führen könnte.

Die Forschungsfrage, welche Kriterien sich aus den Aussagen der Lehrenden und Lernenden ableiten lassen, konnte durch die Entwicklung eines Katalogs für multimediale Arbeitshefte beantwortet werden. Der Katalog berücksichtigt sowohl erfahrungsbasiertes Wissen von Lehrenden und Lernenden (z. B. „Anpassung der Texte an Sprechblasen“), als auch Theoriewissen durch den Einbezug von Kriterien der CTML (z. B. Kriterium-Signalisierung; van Gog, 2014), Arbeitsblättern (z. B. Zwischenüberschriften; Neumann, 2012) und Schulbüchern (z. B. Verwenden Sie Begriffe einheitlich; Schneider et al., 2019), die von den Praxisexpert:innen validiert wurden. Zukünftige Forschung sollte den entstandenen Katalog auch mit quantitativen Methoden und größeren Stichproben validieren und könnte Kriterien für höhere Klassenstufen oder andere Fächer ergänzen.

Danksagung

Das MuxBook „Auf den Spuren der Wildbienen“ wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Bamberg (Dr. Larsen, Dr. Langstein) und der PH Schwäbisch Gmünd (Prof. Irion) entwickelt und von der Joachim Herz Stiftung gefördert. Wir bedanken uns für die Unterstützung.

Literatur

- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37.
- Aufdermauer, A. & Hesse, M. (2006). Eine Analyse von Biologie-Schulbüchern. *ZDB – Biologie Lehren und Lernen*, 15(1), 1–32. doi.org/10.4119/zdb-1655
- Beege, M. & Schneider, S. (2023). Emotional Design of Pedagogical Agents: The Influence of Enthusiasm and Model-Observer Similarity. *Educational Technology Research and Development*, 71, 1–12.
- Behrensen, B., Gläser, E. & Solzbacher, C. (2015). Einführung in den Schwerpunkt Adaptiver Unterricht. In B. Behrensen, E. Gläser & C. Solzbacher (Hrsg.), *Fachdidaktik und individuelle Förderung in der Grundschule* (107–108). Schneider Verlag Hohengehren.
- Bölsterli, K., Wilhelm, M. & Rehm, M. (2015). Empirisch gewichtetes Schulbuchraster für den naturwissenschaftlichen kompetenzorientierten Unterricht. *Perspectives in Science*, 5, 3–13. doi.org/10.1016/j.pisc.2014.12.011
- Brettschneider, V. (2001). *Arbeitsblätter und Schülerarbeitsmappen im Unterricht über Ökonomie*. sowi-online e. V. www.sowi-online.de/praxis/methode/arbeitsblaetter_schuelerarbeitsmappen_unterricht_ueber_oekonomie.html
- CAST (2018). *Universal Design for Learning. Guidelines version 2.2*. udlguidelines.cast.org
- Dittmar, M., Schmellentin, C., Gilg, E. & Schneider, H. (2017). Kohärenzaufbau aus Text-Bild-Gefügen. *Leseforum Schweiz*, 1, 1–19.
- Fey, C.-C. (2015). Kostenfreie Online-Lehrmittel. Eine kritische Qualitätsanalyse. In B. Aamotsbakken, M. Depaepe, C. Heinze, E. Matthes & W. Wiater (Hrsg.), *Beiträge zur historischen und systematischen Schulbuch- und Bildungsmedienforschung*. Klinkhardt.
- Fuchs, E., Niehaus, I. & Stoletzki, A. (2014). *Das Schulbuch in der Forschung. Analysen und Empfehlungen für die Bildungspraxis*. V&R unipress.

- Friedrich, A. (2020). *Das Arbeitsblatt im Kontext des entdeckenden und forschenden Lernens im Sachunterricht*. [Masterarbeit, FU Berlin]. Erziehungswissenschaft und Psychologie. <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/27912.2>
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2023). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht*. Kallmeyer/Klett/Friedrich-Verlag
- Hofmann, M. (2017). *Lautes Denken*. QUASUS. Qualitatives Methodenportal zur Qualitativen Sozial-, Unterrichts- und Schulforschung. www.ph-freiburg.de/quasus/was-muss-ich-wissen/daten-erheben/lautes-denken.html
- Irion, T. & Hägele, N. (2020). MuxBooks. Das Arbeitsheftkonzept der Gegenwart. *Grundschule Deutsch*, 65, 16–17.
- Kahler, M. (2012). Vorwort. In M. Kahler, F. Peschel & B. Pfeiffer (Hrsg.), *Selbstorganisiertes Lernen als Arbeitsform in der Grundschule* (1–2). Books on Demand.
- Klein, R., Meier, M. & Tramowsky, N. (2023). *Kriterienkatalog zur Gestaltung von multimedialen Arbeitsheften (MuxBooks)*. hdl.handle.net/10900.3/OER_BRZWXNXI
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 235–249). VS Sozialwissenschaften. doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_34
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (133–145). Springer Spektrum. doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_11
- Larsen, Y. & Raab, P. (2023). Auf den Spuren der Wildbienen – Storytelling mithilfe eines multimedialen Buches. In N. Tramowsky, J. Meßinger-Koppelt & T. Irion (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Sachunterricht digital* (88–91). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Martha, A. & Santoso, H. (2019). The design and impact of the pedagogical agent: A systematic literature review. *Journal of Educators Online*, 16(1).
- Mayer, R. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. Mayer (Ed.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.). (43–71). Cambridge University Press. doi.org/10.1017/cbo9781139547369.005
- Mayring, P. (2013). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. von Kardorff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung* (10. Aufl.) (209–213). Rowohlt Verlag. doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42
- Neumann, G. (2012). *Gestaltung von Arbeitsblättern für den Einsatz im Unterricht*. ISB-Staatsinstitut. www.guentherneumann.de/downloads/Gestaltung_von_arbeitsblaettern.pdf

- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (121–132). Springer. doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_3
- Peschel, M. (2016). Mediales Lernen – eine Modellierung als Einleitung. In M. Peschel (Hrsg.), *Mediales Lernen – Beispiele für eine inklusive Mediendidaktik*. (7–16). Schneider Verlag Hohengehren.
- Reinmann, G. (2017). Design-Based Research. In D. Schemme & H. Novak (Hrsg.), *Gestaltungsorientierte Forschung – als Basis für soziale Innovationen* (49–62). Bertelsmann Verlag.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (179–188). Springer. doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_15
- Scheiter, K., Richter, J. & Renkl, A. (2018). Multimediales Lernen: Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Lernen mit Bildungstechnologien* (1–26). Springer. doi.org/10.1007/978-3-662-54373-3_4-1
- Schneider, H., Gilg, E., Dittmar, M. & Schmellentin, C. (2018). Prinzipien der Verständlichkeit in Schulbüchern der Biologie auf der Sekundarstufe 1. In B. Ahrenholz (Hrsg.), *Sprache im Fach* (94–116). De Gruyter. doi.org/10.1515/9783110570380-004
- Schnotz, W. (2014). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. Mayer (Ed.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. (2. Aufl.). (72–103). Cambridge University Press. doi.org/10.1017/cbo9781139547369.006
- 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. Sereemet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaften und Inklusion, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (161–175). Beltz Juventa.
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16. doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3
- Tramowsky, N. (2023a). MuxBooks. Digitale Stories mit Kindern im naturwissenschaftlichen Sachunterricht gestalten. In T. Irion, M. Peschel & D. Schmeink (Hrsg.), *Grundschule und Digitalität* (S. 315–324). Grundschulverband. doi.org/10.25656/01:25820

- Tramowsky, N. (2023b). Digital Storytelling: Erstellung von MuxBooks am Beispiel der Weinbergschnecke. In N. Tramowsky, J. Meßinger-Koppelt & T. Irion (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Sachunterricht digital* (22–25). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Tramowsky, N. & Irion, T. (2021). Erzähl mir von Schnecken. Multimediale Geschichten mit Kindern in MuxBooks gestalten. In N. Tramowsky, J. Meßinger-Koppelt & T. Irion (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Sachunterricht digital* (72–75). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Ulrich, N., Richter, J., Scheiter, K. & Schanze, S. (2014). Das digitale Schulbuch als Lernbegleiter. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Digitale Medien im Naturwissenschaftlichen Unterricht* (75–82). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Van Gog, T. (2014). The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning. In R. Mayer (Ed.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.). (221–230). Cambridge University Press. doi.org/10.1017/9781108894333.022
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (31–42). Springer. doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_3

Informationen zu den Autor:innen

Rebecca Klein

Pädagogische Hochschule Freiburg, Institut für Biologie und ihre Didaktik
rebecca.klein@ph-freiburg.de
<https://orcid.org/0000-0002-3560-5857>

Murielle Meier

Seminar für Ausbildung und Fortbildung der Lehrkräfte (GS) Offenburg
murielle.meier@seminar-offenburg.de

Nadine Tramowsky

Pädagogische Hochschule Freiburg, Institut für Biologie und ihre Didaktik
nadine.tramowsky@ph-freiburg.de
<https://orcid.org/0000-0003-1174-506X>