

Grospietsch, Finja; Lins, Isabelle

Mysterys als Testinstrument zur Messung von vernetztem Professionswissen angehender Biologielehrkräfte. Was uns die Analyse von Mystery-Maps und lautem Denken über den Lernerfolg von Studierenden verrät

Wehner, Antje [Hrsg.]; Masanek, Nicole [Hrsg.]; Hellmann, Katharina [Hrsg.]; Heinz, Tobias [Hrsg.]; Grospietsch, Finja [Hrsg.]; Glowinski, Ingrid [Hrsg.]: *Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden. Eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung?* Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2024, S. 211-235



Quellenangabe/ Reference:

Grospietsch, Finja; Lins, Isabelle: Mysterys als Testinstrument zur Messung von vernetztem Professionswissen angehender Biologielehrkräfte. Was uns die Analyse von Mystery-Maps und lautem Denken über den Lernerfolg von Studierenden verrät - In: *Wehner, Antje [Hrsg.]; Masanek, Nicole [Hrsg.]; Hellmann, Katharina [Hrsg.]; Heinz, Tobias [Hrsg.]; Grospietsch, Finja [Hrsg.]; Glowinski, Ingrid [Hrsg.]: Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden. Eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung?* Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2024, S. 211-235 - URN: urn:nbn:de:01111-pedocs-317701 - DOI: 10.25656/01:31770; 10.35468/6118-11

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:01111-pedocs-317701>

<https://doi.org/10.25656/01:31770>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-Licence: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in 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 or its contents. You are not allowed to alter, transform, or change this work in any other way.

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

Finja Grospietsch und Isabelle Lins

Mysterys als Testinstrument zur Messung von vernetztem Professionswissen angehender Biologielehrkräfte – was uns die Analyse von Mystery-Maps und lautem Denken über den Lernerfolg von Studierenden verrät

Zusammenfassung

International zeigen empirische Studien bei angehenden und praktizierenden Lehrkräften eine hohe Zustimmung zu Neuromythen, d. h. Fehlvorstellungen zum Thema *Gehirn und Lernen*. Ein Erklärungsansatz dafür könnte sein, dass Lehramtsstudierende daran scheitern, ihr Wissen aus unterschiedlichen Studienelementen (Bildungswissenschaft/Fachwissenschaft/Fachdidaktik) auf kognitiver Ebene ausreichend miteinander zu verbinden. Um derartige Annahmen empirisch zu prüfen, braucht es Testinstrumente, mit denen sich ein unterschiedlicher Grad kognitiver Wissensvernetzung erfassen lässt. In diesem Beitrag wird die Mystery-Methode vorgestellt und herausgearbeitet, dass dabei entstehende Lernprodukte neue Einblicke in den Vernetzungsgrad von Professionswissen sowie das vernetzte Denken angehender Biologielehrkräfte bieten können.

Keywords: Mystery-Methode, Neuromythen, Professionswissensvernetzung, vernetztes Denken, verzahnte Lernangebote, Kohärenz

Abstract

Internationally, empirical studies among pre- and in-service teachers show a high endorsement of neuromyths, i. e. misconceptions about the topic *learning and the brain*. One explanation for this could be that pre-service teachers fail to sufficiently connect their knowledge from different fields of study (educational science/main subject/subject-matter didactics) on a cognitive level. In order to empirically examine such assumptions, test instruments are needed that can be used to measure different degrees of interconnected knowledge. This article presents the mystery method and shows that the resulting learning products can offer new insights into the degree of interconnected professional knowledge and networked thinking of pre-service biology teachers.

Keywords: mystery method, neuromyths, interconnected professional knowledge, networked thinking, curricular linking, coherence

1 Einleitung

Hochschulische Lehrkräftebildung hat das Ziel, Studierende zu Fachleuten für das Lehren und Lernen auszubilden (KMK, 2004). Zahlreiche empirische Studien (z. B. Dekker et al., 2012) zeigen jedoch sowohl bei angehenden als auch praktizierenden Lehrkräften eine sehr hohe Zustimmung zu Neuromythen (Grospietsch & Lins, 2021). Die OECD (2002) definiert diese als „misconceptions generated by a misunderstanding, a misreading, or a misquoting of facts scientifically established (by brain research) to make a case for use of brain research in education and other contexts“ (S. 111). Beispiele für Neuromythen sind die Annahmen, dass man im Schlaf gänzlich neue Dinge (z. B. Vokabeln) erlernen kann und nur 10 Prozent der eigenen Gehirnkapazität nutzt (Grospietsch & Mayer, 2020). Besonders stark (> 90 %) ist die Zustimmung zu den Fehlvorstellungen „Brain-Gym-Übungen (z. B. Über-Kreuz-Koordinationsübungen) können die Zusammenarbeit von linker und rechter Hirnhälfte und damit das Lernen und/oder unsere Intelligenz verbessern“ und „Man lernt besser, wenn man Informationen gemäß seinem Lerntyp erhält (z. B. auditiv, visuell, haptisch)“ (Grospietsch, 2022). Für Biologielehrkräfte ist das Thema *Gehirn und Lernen* auch als Unterrichtsinhalt relevant (z. B. Becker et al., 2017). In ihrer Doppelfunktion als Lerncoach und Vermittler*in für Themen wie *Bau und Funktion des Gehirns* oder *Langzeitpotenzierung* können ihre eigenen Fehlvorstellungen besonders weitreichend Einfluss auf das Lernen von Schüler*innen nehmen (Grospietsch, 2019). Empirische Studien aus der Lehrkräftebildung zeigen, dass auch angehende Biologielehrkräfte Neuromythen in hohem Maße zustimmen und – trotz Aufbau neurobiologischen Wissens während des Studiums – bis in die pädagogische Praxis hinein an ihren Fehlvorstellungen festhalten (Grospietsch & Mayer, 2018; 2019; 2021a; 2021b). In Anlehnung an die *Knowledge-in-pieces-Theorie* von diSessa (2013) ist ein Erklärungsansatz für diese Befunde, dass es Lehramtsstudierenden ggf. nicht gelingt, die Wissenselemente aus pädagogisch-psychologischen, neurowissenschaftlichen und fachdidaktischen Modulen auf kognitiver Ebene ausreichend miteinander zu verbinden, um Neuromythen kritisch zu begegnen. Um solche Hypothesen systematisch überprüfen zu können, fehlt es bislang an validen Testinstrumenten, mit denen sich ein unterschiedlicher Grad kognitiver Wissensvernetzung erfassen lässt (Hellmann et al., 2021). In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, ob und inwiefern sich systematisch konstruierte Mysteries als Testinstrument eignen, um neue Einblicke in den Lernerfolg von angehenden Biologielehrkräften – und somit in die Wirksamkeit verzahnter Lernangebote – zu generieren.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Professionswissensfacetten von Biologielehrkräften und deren kognitive Vernetzung

Das Professionswissen von Lehrkräften im Allgemeinen ist ein Aspekt professioneller Handlungskompetenz (Baumert & Kunter, 2006), dem eine besondere Relevanz für ihr reflektiertes Unterrichtshandeln zugesprochen wird (Kunter & Pohlmann, 2015). Es kann u. a. in die Bereiche pädagogisch-psychologisches Wissen (PPW), Fachwissen (FW) und fachdidaktisches Wissen (FDW) unterteilt werden. Das PPW von Lehrkräften umfasst Facetten des bildungswissenschaftlichen Wissens sowie des allgemeinen pädagogischen Wissens und Könnens (Voss & Kunter, 2011). Das FW von Biologielehrkräften im Speziellen (z. B. zu Genetik) und ihr FDW (z. B. zu entsprechenden Schülervorstellungen und Instruktionsstrategien) gelten als fachspezifische Wissensbereiche, die inhaltlich ausdifferenziert und auf Fachebene gemessen werden können (Gimbel et al., 2021). Abbildung 1 veranschaulicht die bisherigen Ausführungen und zeigt für das Thema *Gehirn und Lernen* auf, welche Professionswissensfacetten für Biologielehrkräfte in Bezug auf ihr PPW, FW und FDW relevant sind (Meier et al., 2018).



Abb. 1: Aspekte professioneller Handlungskompetenz und Professionswissensbereiche nach Baumert und Kunter (2006) sowie für das Thema *Gehirn und Lernen* ausdifferenzierte *Professionswissensfacetten* für Biologielehrkräfte (nach Meier et al., 2018)

Die *Knowledge-in-pieces-Theorie* von diSessa (2013) geht davon aus, dass Laien über ein unstrukturiertes und Experten über ein strukturiertes Wissenssystem verfügen. Dies meint, dass Laien auf kognitiver Ebene über zahlreiche, kleine, selbsterklärende Wissens-elemente verfügen, die für sie in keinem systematischen Zusammenhang stehen (= keine/niedrige Wissensvernetzung), wohingegen Novizen und Experten über deutlich mehr verbundene Wissens-einzelteile bzw. weitreichende Vernetzungen der für professionelle Lösungen relevanten Wissens-einzelteile verfügen (= höhere Wissensvernetzung bzw. Professionswissensvernetzung). Vor dem Hintergrund dieser Ausführungen und der zuvor beschriebenen Forschungsbefunde zu Neuromythen sollten angehende Biologielehrkräfte im Laufe ihres hochschulischen Ausbildungsteils dazu befähigt werden, PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens, FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen und FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens (inkl. Umgang mit Schülervorstellungen zu Bau und Funktion des Gehirns) kognitiv miteinander in Beziehung zu setzen (Grospietsch, 2019). Abbildung 2 visualisiert, wie die kognitive Entwicklung *Laie-Novize-Experte*¹ theoretisch ablaufen sollte, um Neuromythen (N) kritisch begegnen zu können.

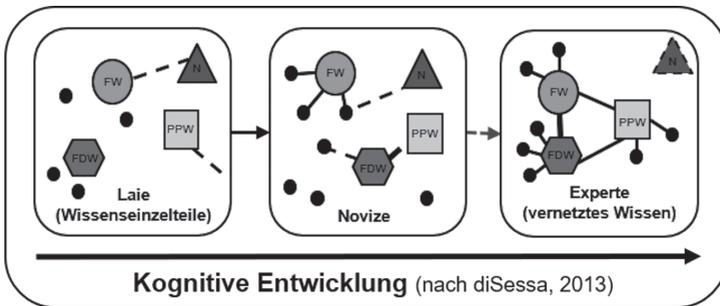


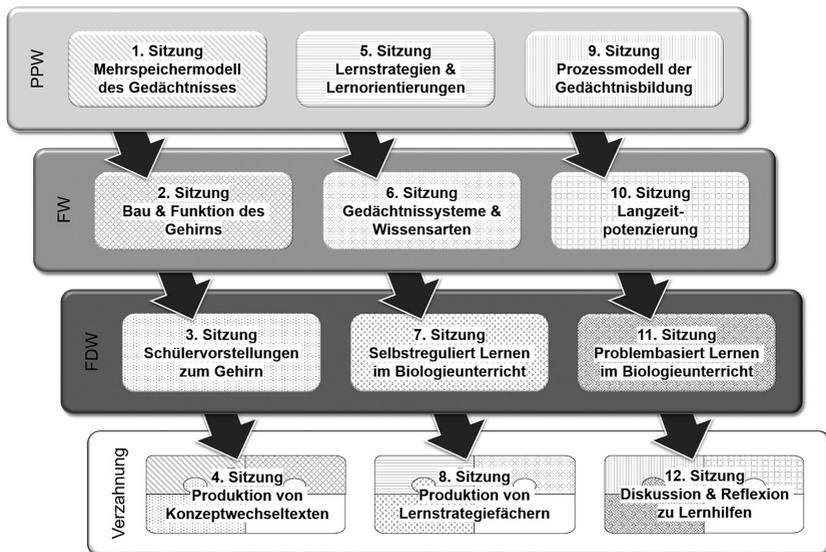
Abb. 2: Gewünschte kognitive Entwicklung angehender Biologielehrkräfte zum Thema *Gehirn und Lernen* durch hochschulische Lernprozesse (in Anlehnung an diSessa, 2013)

2.2 Evaluation des verzahnten Lernangebots *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht*

Nach dem *Angebots-Nutzungs-Modell hochschulischer Kohärenzbildung* (Hellmann et al., 2021) können Hochschullehrende verzahnte Lernangebote anbieten, die Studierende bei der kognitiven Wissensvernetzung unterstützen. An der Universität Kassel (Projekt *PRONET*) wurde von 2015 bis 2018 eine biologiedidaktische Lehrveranstaltung zum Thema *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht*

¹ Gemeint ist im gesamten Beitrag je Begriff auch das weibliche Geschlecht.

entwickelt und evaluiert, die PPW-Inhalte (Mehr-speicher- und Prozessmodell des Gedächtnisses, Lernstrategietheorie) und FW-Inhalte (Bau und Funktion des Gehirns, Gedächtnissysteme und Wissensarten, Langzeitpotenzierung) aus bildungs- bzw. fachwissenschaftlichen Modulen integriert (Grospietsch, 2019).² Abbildung 3 zeigt, wie Inhalte aus drei Studienelementen im Seminarverlauf verschachtelt gelehrt (Sitzung 1–3, 5–7 und 9–11) und miteinander verzahnt (Sitzung 4, 8 bzw. 12) werden.



Anmerkung. Die Seminarsitzungen wurden gerahmt von zwei organisatorischen Sitzungen.

Abb. 3: Die zwölf inhaltlichen Seminarsitzungen des verzahnten Lernangebots *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht* (eigene Darstellung)

Das verzahnte Lernangebot (Grospietsch, 2019) besteht aus drei Themenblöcken. In Block 1 von 3 wird in der ersten Sitzung aus pädagogisch-psychologischer Perspektive das Mehrspeichermodell des Gedächtnisses behandelt (PPW). In der zweiten Sitzung folgt mit fachwissenschaftlichem Fokus der Bau und die Funktion des Gehirns (FW). In der dritten Sitzung steht aus fachdidaktischer Perspektive die Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen zum Gehirn im Zentrum (FDW) und in einer vierten Sitzung werden die drei genannten Wissensfacetten bei der Gestaltung von Unterrichtsmaterial (Konzeptwechselltexte) noch einmal explizit aufeinander bezogen. Dabei steht über alle vier Sitzungen hinweg das

² Theoretischen Rahmen für die Verzahnung bildet das *Integrationsmodell* nach Mayer et al. (2018).

nachhaltige Lernen im Biologieunterricht im Fokus. Block 2 und 3 sind nach dem gleichen Schema strukturiert.³

Die im Projektzeitraum durchgeführte Begleitforschung mit 40 Biologielehramtsstudierenden (Pretest-Posttest-Design; Grospietsch & Mayer, 2018) zeigte im Rahmen einer quantitativ ausgerichteten Studie, dass bei den Proband*innen sowohl das FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens, das PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens als auch das FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen zwischen den zwei Messzeitpunkten höchst signifikant und mit hohen Effektstärken ($d = 1.7$ bei FDW bzw. $d = 1.3$ bei PPW und FW) gesteigert werden konnte. Als Indiz für eine zunehmende kognitive Wissensvernetzung seitens der Studierenden wurde in Anlehnung an Krauss et al. (2008) angesehen, dass die Zusammenhänge zwischen den drei Professionswissensfacetten vom Pretest- zum Posttest-Messzeitpunkt zunahm.⁴ Individuelle Unterschiede bzgl. der kognitiven Wissensvernetzung konnten mit diesem Testverfahren jedoch nicht nachgewiesen bzw. geprüft werden, weshalb im Folgeprojekt *PRONET*² die nachfolgend präsentierte qualitative Ergänzung des Designs mittels Mystery-Methode durchgeführt wurde. Illustrierend werden Auswertungsbeispiele gezeigt, die im Rahmen des Projekts *ProfaLe* (Universität Hamburg) angefertigt wurden.

2.3 Die Mystery-Methode: Von der mysteriösen Leitfrage zur vernetzten Mystery-Map

Bei der Mystery-Methode (Leat, 1998) erhalten Lernende einen Briefumschlag mit einer mysteriösen Leitfrage (z. B. „*Weshalb machen billige Tomaten durstig und einsam?*“; Grospietsch & Benninghaus, 2022) und ca. 20 zunächst unabhängig erscheinenden Mystery-Karten, deren Beziehung es zu untersuchen gilt (Pütz & Mühlhausen, 2018). In der *Analyse-Phase* werden in Kleingruppen erste Vermutungen zur Leitfrage festgehalten. In der *Verstehens-Phase* werden die Mystery-Karten einzeln aus dem Briefumschlag gezogen, in der Kleingruppe aus 3–5 Schüler*innen vorgelesen, auf einem Plakat geordnet und durch beschriftete Pfeile miteinander in Beziehung gesetzt (Grospietsch & Lins, 2023). Produkte des Lernens sind sogenannte *Mystery-Maps* (Benninghaus et al., 2019a) und verbalisierte Aushandlungs- und Einigungsprozesse der Lernenden. In der *Synthese-*

3 Neben der Verzahnung spielen im Lernangebot zwei weitere konzeptionelle Elemente eine Rolle, die in diesem Beitrag nicht weiter ausgeführt werden: Eigenes Erproben von Lernversuchen und Methoden nachhaltigen Lernens sowie Einsatz von Konzeptwechselltexten zu Neuromythen (vgl. Grospietsch & Mayer, 2018).

4 Zwischen dem PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens und dem FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens zeigte sich im Pretest nur ein kleiner Zusammenhang, der nach dem Seminar eine mittlere Ausprägung aufwies. Die Zusammenhänge zwischen dem FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen und dem PPW zur Psychologie menschlichen Lernens bzw. dem FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens wurden nur im Posttest signifikant. Näheres ist nachzulesen in Grospietsch und Mayer (2018).

Phase werden die Lösungen zur Leitfrage im Plenum vorgestellt (z. B. entlang der Mystery-Map unter Einbezug der zentralsten Karten). Unterschiedliche Lösungen können vergleichend betrachtet und/oder in Bezug auf Besonderheiten analysiert werden (Grospietsch & Lins, 2023).

Das bei der Mystery-Methode eingesetzte Mystery ist ein Unterrichtsmedium, das nicht nur analog, d. h. über ausgeschnittene Karten, sondern auch digital umgesetzt werden kann (Pütz et al., 2021). Im einfachsten Fall kann die Kopie eines Mysterys für den Biologieunterricht (z. B. Großmann et al. 2022; Grospietsch Heuckmann et al., 2022; Meier & Ziepprecht, 2019; Mülhausen & Pütz, 2019; 2020; Pütz & Mülhausen, 2021) mittels Scan auf digitale Whiteboards wie *Miro* übertragen werden. Der Vorteil daran ist, dass das Medium so mit wenigen Klicks vervielfältigt und Mystery-Maps langfristig und platzsparend archiviert werden können. Die Mystery-Methode kann so auch in rein digitalem Unterricht durchgeführt werden. Abbildung 4 zeigt eine in Videokonferenzen entstandene Mystery-Map zur oben genannten Leitfrage (Grospietsch & Benninghaus, 2022).⁵

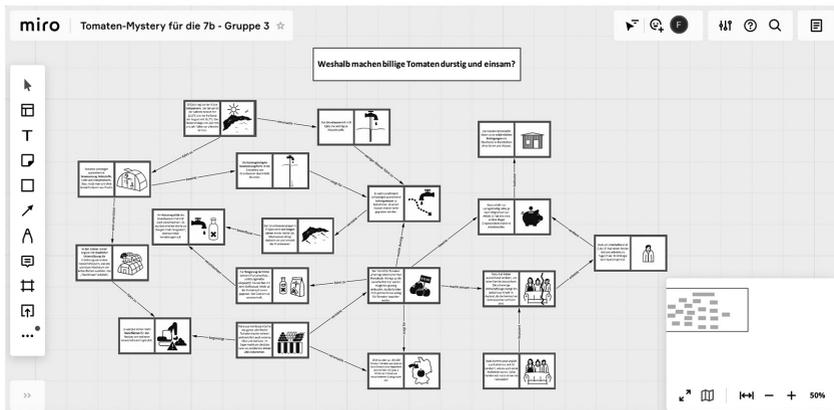


Abb. 4: Beispiel für den Aufbau einer Mystery-Map (nach Grospietsch und Benninghaus, 2022)

Empirische Studien zur Mystery-Methode evaluieren bislang v. a. den Lernerfolg oder das Flow-Erleben von Schüler*innen (z. B. Karkdijk et al., 2019; Schmäing & Grotjohann, 2023) und Testen im Pretest-Posttest-Kontrollgruppen-Design die Überlegenheit von Mysterys gegenüber anderen Unterrichtsmethoden (z. B. Karkdijk et al., 2013; van der Schee et al., 2006). Benninghaus et al. (2019a, 2019b) belegten, dass sich mit systematisch konstruierten Mysterys und einer Experten-

⁵ Die einzelnen Karteninhalte und Pfeilbeschriftungen sind für diesen Beitrag nicht weiter relevant. Bei Interesse können sie im genannten Beitrag eingesehen werden.

Map als Referenz qualitative Unterschiede im Vernetzungsgrad der Mystery-Maps von Schüler*innen bestimmen lassen. Die mittels *Data-Mining* (computergestütztes statistisches Auswertungsverfahren, um Muster in Datenbeständen zu erkennen) identifizierten Unterschiede werden im Forschungsdiskurs seither als mehr oder weniger kompetentes Systemdenken bzw. vernetztes Denken von Schüler*innen interpretiert. Im Kontext der Lehrkräftebildung bzw. für das Konstrukt *Vernetzung von Professionswissen* wurde das dargestellte Verfahren noch nicht angewendet. Im Projekt *PRONET*² entstand die Idee, ein systematisch konstruiertes Mystery zu unterschiedlichen Professionswissensfacetten einzusetzen, um die Lernprodukte von Studierenden im Abgleich mit einer Experten-Map für neue Einblicke in ihren Lernerfolg durch Besuch des verzahnten Lernangebots zu nutzen.

3 Methodik

3.1 Projekthintergrund, Ziele der Begleitforschung und Forschungsfragen

Im Projekt *PRONET*² (*Professionalisierung durch Vernetzung – Fortführung und Potenzierung*, Laufzeit 01/2019 – 12/2023) wurde die oben dargestellte Lehrveranstaltung *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht* pandemiebedingt in ein asynchrones, rein digitales Lehr-Lern-Format überführt und stärker hinsichtlich der Wissensvernetzung angehender Biologielehrkräfte evaluiert. Ziel der Begleitforschung war es, den Lernerfolg von Studierenden durch den Besuch des verzahnten Lernangebots zu bestimmen und ihren kognitiven Entwicklungsstand (vgl. Abbildung 2) nach dem Seminar auf individuelle Unterschiede zu prüfen. Im Rahmen dieses Beitrags stehen eine gestalterische und eine empirische Forschungsfrage im Zentrum:

- FF1: Wie kann ein Mystery zur Messung von pädagogisch-psychologischem, fachwissenschaftlichem und fachdidaktischem Professionswissen systematisch konstruiert werden?
- FF2: Inwiefern eignet sich ein zum Thema *Gehirn und Lernen* systematisch konstruiertes Mystery als Testinstrument zur Messung von vernetztem Professionswissen angehender Biologielehrkräfte?

3.2 Stichprobe und Untersuchungsdesign

Die Stichprobe setzt sich aus 49 Biologielehramtsstudierenden der Universität Kassel zusammen, die die verzahnte Wahlpflichtveranstaltung *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht* im Sommersemester 2020 (19 Studierende) oder im Wintersemester 2020/2021 (30 Studierende) besuchten. Die Proband*innen studieren zu 31% Lehramt an Haupt- und Realschulen (Erste Staatsprüfung) und zu 69% Lehramt an Gymnasien (Erste Staatsprüfung). Ihr Alter beläuft sich im Durchschnitt auf 24 Jahre ($SD = 1.08$) bei einer mittleren Studiendauer von neun Fachsemestern ($SD = 2.63$). 67% der Studierenden sind weiblich, 33% männlich. Die Proband*innen wurden

pro Semester erneut (vgl. 2.2.) mit quantitativen Forschungsmethoden im Eingruppen-Pretest-Posttest-Design befragt. Die qualitativ ausgerichtete Teiluntersuchung mittels Mystery-Methode, die fortan ins Zentrum des Beitrags gestellt wird, fand ca. eine Woche nach dem zweiten Messzeitpunkt der quantitativen Datenerhebung statt.

3.3 Konzeption des Online-Seminars *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht*

Das Seminar *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht* wurde im Sommersemester 2020 und im Wintersemester 2020/2021 je im Umfang von zwei Semesterwochenstunden als asynchroner Lernpfad via *Moodle* durchgeführt. Dabei wurden von den Dozierenden vertonte Powerpoint-Präsentationen, digitalisierte Arbeitsblätter und *Moodle*-Themenforen genutzt. Es gab keine synchronen Seminarsitzungen via Videokonferenztool, d.h. alle inhaltlichen und organisatorischen Informationen wurden den Studierenden über vertonte Präsentationen oder E-Mails mitgeteilt. Ihre wöchentliche Arbeitszeit wiesen die Studierenden über Forenbeiträge und Ergebnisuploads nach. Durch das asynchrone, rein digitale Lehr-Lern-Format wurden theoretische Inhalte und initiierte Arbeitsabläufe für beide Proband*innengruppen systematisch kontrolliert und gleichgehalten (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Verlaufspln zur Lehrveranstaltung *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht*

Block/Sitzung	Inhalt (Fokus) und initiierte Arbeitsabläufe
O	1 Organisatorisches: Vorbesprechung
I	2 Mehrspeichermodell des Gedächtnisses (PPW): Lernversuche zu Aufmerksamkeit, Chunking und zur Hakenwortmethode werden durchgeführt
	3 Bau und Funktion des Gehirns (FW): <i>merk-würdige</i> Merksätze zu Bestandteilen des Gehirns und deren jeweiligen Funktionen werden erstellt
	4 Schülervorstellungen zum Gehirn (FDW): Schülervorstellungen werden nach Oberthemen geordnet und kategorisiert
	5 Produktion von Unterrichtsmaterial I (Verzahnung): Konzeptwechseltexte zu frei wählbaren Schülervorstellungen werden erstellt
	II
7 Gedächtnissysteme und Wissensarten (FW): Lernversuche zum semantischen und prozeduralen Gedächtnis werden durchgeführt: Wörter merken mittels der Merktechnik <i>Körperweg</i> sowie Spiegelzeichnen	
8 Selbstreguliert Lernen im Biologieunterricht (FDW): vier verschiedene Lernmaterialien werden mittels der Methode <i>Storylining</i> erarbeitet	
9 Produktion von Unterrichtsmaterial II (Verzahnung): Lernstrategiefächer zum selbstregulierten Lesen biologischer Sachtexte werden erstellt	

Block/Sitzung	Inhalt (Fokus) und initiierte Arbeitsabläufe
III	10 Prozessmodell der Gedächtnisbildung (PPW): Phasen des Prozessmodells werden mittels der Methode <i>Schnittmenge</i> erarbeitet
	11 Langzeitpotenzierung (FW): zelluläre Mechanismen von Lernen und Gedächtnis werden mittels der Methode <i>Struktur-lege-Technik</i> erarbeitet
	12 Problembasiert Lernen im Biologieunterricht (FDW): Bedeutung von Systemdenken wird mittels der Methode <i>Mystery</i> erarbeitet (dient zugleich als Vorinstruktion zum Untersuchungsteil <i>Mystery</i>)
	13 Diskussion & Reflexion zu Lernhilfen (Verzahnung): ausgewählte Unterrichtsmethoden und Merkmale guten Unterrichts werden mittels <i>Netzwerkmethode</i> in Bezug auf im Laufe des Seminars erarbeitete Prinzipien nachhaltigen Lernens überprüft und bewertet
O	14 Organisatorisches: Nachbesprechung

Anmerkung. Es handelte sich um ein Online-Seminar mit wöchentlich einer asynchronen Sitzung mit einem Wordload von 90 min.

3.4 Instrumente zur Bestimmung des Lernerfolgs von Studierenden durch das Seminar

a) Quantitative Datenerhebung

Für die Pretest-Posttest-Messungen, die Aufschluss über das Ausmaß des Lernerfolgs der Studierenden durch das Seminar geben, wurden acht Instrumente eingesetzt (siehe Tabelle 2). Der Neuromythen-Fragebogen enthielt eine vierstufige Rating-Skala (*trifft gar nicht zu, trifft eher nicht zu, trifft eher zu, trifft völlig zu*). Die Wissenstests zu PPW, FW und FDW umfassten 15 offene Items zu den jeweiligen Seminarinhalten (fünf Items/Seminarblock). Überzeugungen, Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) und Handlungsabsichten wurden über eine sechsstufige Rating-Skala von *stimme gar nicht zu* (1) bis *stimme völlig zu* (6) abgefragt.

Tab. 2: Überblick über die im Pretest-Posttest-Design eingesetzten Instrumente

Instrument (Quelle)	Beispielitem (Skalen-/Itemzahl)
Neuromythen-Fragebogen (Grospietsch & Mayer, 2019)	<i>Wir nutzen nur 10 % unseres Gehirns.</i> (2x11)
Wissenstest I: PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens (Eigenentwicklung)	<i>Geben Sie an, was unter Chunking zu verstehen ist, und welchem Speicher des Mehrspeichermodells sich dieser Prozess zuordnen lässt.</i> (3x5)
Wissenstest II: FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen (Eigenentwicklung)	<i>Geben Sie einen Bestandteil des Großhirns und eine seiner Funktionen an.</i> (3x5)
Wissenstest III: FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens (Eigenentwicklung)	<i>Nennen Sie zwei Alltagsvorstellungen zum Thema Bau und Funktion des Gehirns, die selbst bei Oberstufenschüler*innen noch häufig vorkommen.</i> (3x5)

Instrument (Quelle)	Beispielitem (Skalen-/Itemzahl)
Fragebogen zu lerntheoretischen Überzeugungen zum Lehren und Lernen in der Biologie (Gimbel et al., 2018)	<i>Schüler*innen lernen Biologie am besten, indem sie selbst Wege zur Lösung von Problemen entdecken.</i> (2x7)
Fragebogen zu SWE zum Lehren im Biologieunterricht (adaptiert nach Bleicher, 2004)	<i>Ich werde es schwer finden, Schüler*innen zu erklären, warum naturwissenschaftliche Experimente funktionieren.</i> (1x10; 1x13)
Fragebogen zu SWE zur Wissensvernetzung zum Thema <i>Gehirn und Lernen</i> (Eigenentwicklung)	<i>Ich bin mir sicher, dass ich kognitionspsychologisches und neurowissenschaftliches Wissen zum Thema <i>Gehirn und Lernen</i> korrekt miteinander in Beziehung setzen kann.</i> (1x9)
Fragebogen zu zukünftigen Handlungsabsichten zum Thema <i>Nachhaltiges Lernen</i> (Eigenentwicklung)	<i>In meinem Unterricht werde ich Schüler*innen Lernstrategien vermitteln.</i> (1x8; 1x13)

b) Qualitative Datenerhebung

Neben den in Tabelle 2 aufgeführten Instrumenten wurde für den qualitativen Untersuchungsteil mittels Mystery-Methode in Anlehnung an die Konstruktionsprinzipien von Benninghaus et al. (2019a) eine inhaltsleere Mystery-Matrix verwendet, um das in Kapitel 4.1 als Ergebnis präsentierte Mystery zum Thema *Gehirn und Lernen* zu entwickeln. Sie umfasst gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.1 die Wissensbereiche PPW, FW und FDW und sieht weitere Mystery-Karten zu einem unterrichtspraktischen Lehr-Lern-Szenario vor, auf das das Wissen aus den drei Professionswissensbereichen angewendet werden soll.

INHALTSLEERE MYSTERY-MATRIX (in Anlehnung an Benninghaus, 2019a)						
WISSENSBEREICHE	PPW	Karte 1	Karte 2	Karte 3	Karte 4	Karte 5
	FW	Karte 6	Karte 7	Karte 8	Karte 9	Karte 10
	FDW	Karte 11	Karte 12	Karte 13	Karte 14	Karte 15
Lehr-Lern-Szenario		Karte 16	Karte 17	Karte 18	Karte 19	Karte 20

Abb. 5: Mystery-Matrix zu den Professionswissensbereichen PPW, FW und FDW (eigene Darstellung)

Für die quantitative Datenerhebung wurden das Mystery (vgl. Kapitel 4.1) sowie ein Interviewleitfaden mit einer Frage zum lauten Erinnern (Formulierung einer möglichst detaillierten und fachlich fundierten Lösung zur mysteriösen Leitfrage) und drei Fragen zum lauten Reflektieren (Bewertung der eigenen Mystery-Map, Relevanz des Fallbeispiels für den späteren Unterrichtsalltag, selbsteingeschätzter Lernerfolg) eingesetzt.

3.5 Der Prozess der Datenerhebung und die geplante Datenauswertung

Die Pretest-Posttest-Messungen erfolgten mittels Online-Umfrage (*SoSci Survey*) und wurden unmittelbar nach der ersten bzw. letzten inhaltlichen Seminarsitzung durchgeführt (siehe Tabelle 1). Die Umfrage bestand neben den in Tabelle 2 aufgeführten Instrumenten aus einer einleitenden Aufklärung über die Ziele der Studie und den Umgang mit Forschungsdaten, einem Codesystem zur pseudonymisierten Zusammenführung der erhobenen Daten, einem Fragebogen zu soziodemografischen Daten der Proband*innen (z. B. Alter, Geschlecht) sowie einer Einverständniserklärung zur Verwendung der erhobenen Daten. Die Bearbeitungszeit betrug im Pretest ca. 60 Minuten, im Posttest war der zeitliche Aufwand durch Fragebögen zur Bewertung des Seminars sowie der Dozierenden leicht erhöht.

Der Untersuchungsteil *Mystery* wurde in der ersten Woche der vorlesungsfreien Zeit, d. h. im Anschluss an die organisatorische Abschlussitzung des Seminars durchgeführt. Die Studierenden kamen pandemiebedingt einzeln und unter Berücksichtigung genehmigter Sicherheitsvorkehrungen an die Universität Kassel. Sie wurden dazu angeleitet 20 Mystery-Karten zur mysteriösen Leitfrage „*Warum kann Lukas nicht lernen, wenn Lisa etwas fehlt?*“ nach vorgegebenen Instruktionen (gleiche Kartenreihenfolge für alle Proband*innen und Vorgaben zu Pfeilarten und -beschriftungen in Anlehnung an die Studie von Benninghaus et al., 2019a) auf einem Plakat zu einer Mystery-Map zu legen und ihre Gedanken bei der Durchführung der Mystery-Methode laut zu verbalisieren (*Lautes Denken* nach Sandmann, 2014). Im Anschluss daran folgten gemäß Interviewleitfaden Phasen des lauten Erinnerns (Knorr & Schramm, 2012) und des Reflektierens (Helfferich, 2011). Die Datenerhebung dauerte ca. 90 Minuten. Die Beteiligung der Proband*innen war in beiden Teilen der Studie freiwillig und eine Nicht-Teilnahme bzw. das Zurücktreten von der Studie hatte keinerlei negative Konsequenzen. Aufgrund der massiven Auswirkungen der Corona-Pandemie auf das Projektgeschehen und der spezifischen Projektstruktur von *PRONET*² (die Teilprojekte

liefen bereits nach drei Jahren der fünfjährigen Förderperiode aus) konnten die erhobenen Daten nicht wie geplant im Rahmen der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* ausgewertet werden. Evaluationsziel 1 war es, alle 47 Mystery-Maps⁶ mittels *Data-Mining* zu analysieren und diese quantitativen Daten mit qualitativen Daten (d. h. Audiodaten aus den Untersuchungsphasen *Lautes Denken*, *Lautes Erinnern* und *Lautes Reflektieren*) zu vergleichen. Evaluationsziel 2 war es, die Pretest-Posttest-Messungen auf Basis der klassischen Testtheorie mit der Software *SPSS* auszuwerten und mit den qualitativen Daten aus dem Untersuchungsteil mittels Mystery-Methode zu triangulieren. Für beide Auswertungen fehlt aktuell die finale Aufbereitung der Experten-Map, die in Anlehnung an Benninghaus et al. (2019a) als Referenz für die Bewertung der von den Studierenden erstellten Mystery-Maps genutzt werden kann. Im Rahmen dieses Beitrags wird Forschungsfrage 2 deshalb nur explorativ und exemplarisch beantwortet. Konkret werden in Ergebnis-Kapitel 4.2 Mystery-Maps von zwei Proband*innen in einer mit dem Programm *yEd Graph Editor* aufbereiteten Form präsentiert und hinsichtlich ihres allgemeinen Vernetzungsgrads sowie eines für die Lösung des Mysterys sehr zentralen Kartenpaars (die zwei Kartentexte werden in Abbildung 6 präsentiert) miteinander verglichen. Darüber hinaus werden die Äußerungen der Proband*innen, die zu den zwei Karten beim lauten Denken und Erinnern vorgenommen wurden, präsentiert und mit den Antworten beim lauten Reflektieren (Bewertung der eigenen Mystery-Map und selbsteingeschätzter Lernerfolg durch Mystery und verzahntes Seminar) kontextualisiert.

4 Ergebnisse

4.1 Ein Mystery zur Messung von PPW, FW und FDW zum Thema *Gehirn und Lernen*

Die inhaltlere Mystery-Matrix zu PPW, FW und FDW (siehe Abbildung 5) wurde wie folgt genutzt, um ein Mystery zum Thema *Gehirn und Lernen* zu konzipieren: Zunächst wurden die Seminarthemen aus der Lehrveranstaltung *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht* mit Fokus auf Seminarblock 1 und 2 (siehe Abbildung 3) auf die einzelnen Mystery-Karten verteilt (siehe Abbildung 6).

6 Zwei Probanden der Gesamtstichprobe haben nicht am Untersuchungsteil *Mystery* teilgenommen.

		THEMEN & INHALTE DER MYSTERYKARTEN					
WISSENSBEREICHE	PPW	Karte 19: Verarbeitungstiefe (Sitzung 1)	Karte 10: Mehrspeichermodell (Sitzung 1)	Karte 14: Lernstrategien (Sitzung 5)	Karte 7: Elaborationsstrategien (Sitzung 5)	Karte 3: Speicherstärke (Sitzung 9)	
	FW	Karte 16: Parallele Verarbeitung (Sitzung 2)	Karte 13: Festigung (Sitzung 2)	Karte 4: Gedächtnissysteme (Sitzung 6)	Karte 9: Langzeitpotenzierung (Sitzung 10)	Karte 2: Gedächtnisspuren (Sitzung 10)	
	FDW	Karte 1: Schülervorstellungen (Sitzung 3)	Karte 12: Konzeptwechselltexte (Sitzung 3)	Karte 18: Unterrichtsmethode (Sitzung 7)	Karte 5: Arbeitsaufträge (Sitzung 7)	Karte 17: Materialgestaltung (Sitzung 11)	
Lehr-Lern-Szenario		Karte 20: Verständnisschwierigkeiten	Karte 11: Lernhilfe	Karte 15: Ablenkung	Karte 6: Arbeitsklima	Karte 8: Resignation der Lehrkraft	

Max sagt zu Lisa: „Probier doch mal jeden Absatz in deinen eigenen Worten zu erklären, dir den Inhalt bildlich vorzustellen und Zusammenhänge herzustellen. Das hilft dir bestimmt weiter!“

Bei der Anwendung von Elaborationsstrategien werden neue Lerninhalte aktiv mit der eigenen Wissensstruktur (= bereits existierende Gedächtnisspuren) verknüpft.

Abb. 6: Verteilung der Seminarinhalte auf die Mystery-Karten und zwei beispielhafte Kartentexte für PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens und das Lehr-Lern-Szenario (eigene Darstellung)

Im Anschluss daran wurde sich an einer systematischen Schrittfolge (Grospietsch & Lins, 2023) für die Gestaltung von Mysterys, die zu vernetztem Denken anregen sollen, orientiert (siehe Tabelle 3).

Tab. 3: Konstruktionsschritte bei der Mysterygestaltung zum Thema *Gehirn und Lernen*

Konstruktionsschritt	Thema <i>Gehirn und Lernen</i>
1) Auswahl eines authentischen Problems	Problem: Lernstrategiedefizit von Schüler*innen ist Ursache für Frustration beim Lernen und Unterrichtsstörungen
2) Anpassung der Komplexität der Problemsituation	Eine Lehrkraft (Frau Hübner) und drei Schüler*innen (Lisa, Max und Lukas) werden als zentrale Charaktere der Problemsituation festgelegt

Konstruktionsschritt	Thema <i>Gehirn und Lernen</i>
3) Festlegung der zu berücksichtigenden Ursachen, Folgen und Wirkungen	Ursache: Frau Hübner gestaltet den Unterricht basierend auf der Lern-typen-Theorie (= Neuromythos) und fordert von den Schüler*innen nur Wiederholungs- und Organisationsstrategien Folge: Lisa hat ein Lernstrategiedefizit (Elaborationsstragien) Wirkung: 1) Max versucht der frustrierten Lisa zu helfen, indem er ihr Elaborationsstrategien vorschlägt; 2) Lukas kann nicht Lernen, weil er von Lisa gestört wird
4) Überarbeitung der Planungsmatrix	Konkretisierung der auf die Karten verteilten Seminarinhalte zu spezifischen Fachinformationen, die mit der Unterrichtssituation in Verbindung stehen (z. B. Definition des Begriffs <i>Engramm</i>)
5) Einbettung der Informationen in einen Erzählstrang	Verknüpfung der PPW-, FW- und FDW-Karten mit den Karten zum Lehr-Lern-Szenario (z. B. werden Konzeptwechselltexte als alternatives Medium für den Unterricht vorgeschlagen)
6) finale Ausformulierung der Mystery-Karten	Drei Karten mit behandelten Abbildungen (Gedächtnis- und Lernstrategiemodelle), übrige Karten mit leicht verständlichen, im fachlichen Niveau angemessenen Textinformationen

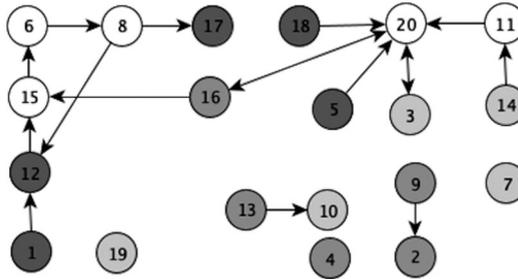
Die Antwort auf die mysteriöse Leitfrage „*Warum kann Lukas nicht lernen, wenn Lisa etwas fehlt?*“ ergibt sich, wenn die je fünf Mystery-Karten zu PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens, FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen und FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens miteinander verbunden und mit dem Lehr-Lern-Szenario in Beziehung gesetzt werden. Besonders zentral für die Lösung des Mysterys sind die in Abbildung 6 dargestellten Kartentexte: Lisa fehlen Elaborationsstrategien, d. h. Lernstrategien, die neue Lerninhalte aktiv mit der eigenen Wissensstruktur verknüpfen und deshalb in besonderer Weise zum nachhaltigen Lernen beitragen. Lisa ist unzufrieden, weil mit den im Lehr-Lern-Material vorgeschlagenen Lernstrategien (*Wichtiges unterstreichen*, *Fachtermini klären* und *den Text zusammenfassend wiedergeben*) bei ihr „nichts hängen bleibt“. Sie lässt sich von Max Strategievorschlägen zur Tiefenverarbeitung (Elaboration) nicht motivieren und stört ihren Mitschüler Lukas beim Lernen.⁷

4.2 Mystery-Maps und verbalisierte Gedanken bei der Mystery-Methode im Vergleich

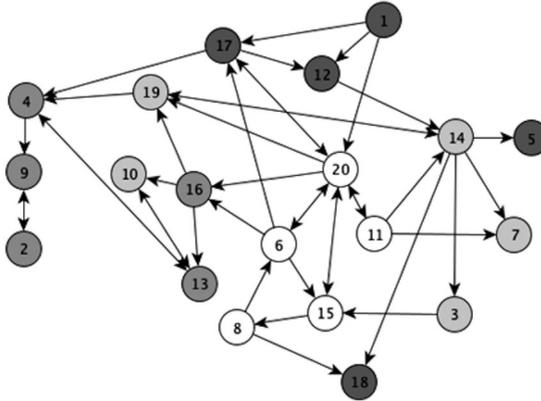
Beim Untersuchungsteil *Mystery* entstanden unterschiedliche Daten (vgl. 3.5). Abbildung 7 zeigt zwei digital aufbereitete Mystery-Maps von Studentinnen des achten bzw. sechsten Fachsemesters.

⁷ Das vollständige Mystery kann bei Interesse bei den Autorinnen angefragt werden.

Studentin (8. Fachsemester)



Studentin (6. Fachsemester)



Anmerkung. hellgrau = Karten zu PPW zur Psychologie des menschlichen Lernens, mittelgrau = Karten zu FW zu neurowissenschaftlichem Schulwissen, dunkelgrau = Karten zu FDW zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens, weiß = Karten zum Lehr-Lern-Szenario.

Abb. 7: Zwei beispielhafte Mystery-Maps, die mit dem Programm *yEd Graph Editor* digital aufbereitet wurden (eigene Darstellung)

In Abbildung 7 zeigt sich, dass die Mystery-Karten in den beiden Beispiel-Mystery-Maps unterschiedlich stark miteinander verknüpft sind. In der oberen Mystery-Map sind vor allem die PPW- und FW-Karten wenig mit den übrigen Mystery-Karten verbunden. Uni- und bidirektionale Pfeile finden sich vor allem zwischen den Lehr-Lern-Szenario-Karten und einzelnen FDW-Karten. Die für die Lösung des Mysterys relevante PPW-Karte (Nr. 7) ist mit keiner anderen Mystery-Karte verbunden. In der unteren Mystery-Map sind die Mystery-Karten unterschiedlicher Professionswissensbereiche viel stärker miteinander verbunden und die Lehr-Lern-Szenario-Karten

sind durch uni- und bidirektionale Pfeile mit PPW-, FW- und FDW-Karten in Beziehung gesetzt. Die für die Lösung relevante PPW-Karte (Nr. 7) ist unmittelbar mit einer Lehr-Lern-Szenario- (Nr. 11) und einer PPW-Karte (Nr. 14) verbunden und über diese Karten indirekt auch mit FDW- und FW-Karten verknüpft.

Beim lauten Denken verbalisiert die Studentin im achten Fachsemester (obere Mystery-Map) ihre Gedanken beim Ziehen der PPW-Karte 7 wie folgt:

„[...] Die [Karte] 7 (liest K7 vor: ‚Bei der Anwendung von Elaborationsstrategien werden neue Lerninhalte aktiv mit der eigenen Wissensstruktur verknüpft‘). (.) Ähm – hier geht es ja um Elaborationsstrategien. (.) Ähm – ich wüsste jetzt / aber nicht / ich würde die Karte erstmal wieder hinlegen [...]“. (Probandin B03, Z. 236ff)

Im weiteren Verlauf der Mystery-Durchführung kommt die Probandin nur ein weiteres Mal auf Karte 7 zu sprechen:

„Dann nehme ich mal Karte 7 (liest K7 vor: ‚Bei der Anwendung von Elaborationsstrategien – ähm – werden neue Lerninhalte aktiv mit der eigenen Wissensstruktur verknüpft‘. (..) Das würde ich auch erstmal zu Max legen (...), der ja quasi neue Lernstrategien – ähm – ja, Lisa aufzeigt (legt K7 rechts neben K11 und K14). Deswegen würde ich das auch erstmal da hinlegen. (.) Also zu Karte 11 und 14. (..)“ (Probandin B03, Z. 335ff)

Beim lauten Erinnern gibt die Probandin als Lösung an, dass Lisa Lernstrategien fehlen. Sie ist aber nicht in der Lage Elaborationsstrategien im Kontext *Nachhaltiges Lernen* einzuordnen und die Unterschiede zwischen Lernstrategiekategorien in ihre Erklärung einzubeziehen:

„Ich denke, dass halt das Problem ist, warum Lukas nicht lernen kann, weil Lisa einfach die Lernstrategien fehlen. Sie weiß nicht, wie sie einen biologischen Text bearbeiten soll, weil von Frau Hübner schon am Anfang des Semesters / genau am Anfang des Schuljahres die Auswahl begrenzt wurde. Und dadurch hat sie halt nur eine begrenzte Auswahl an Lernstrategien. Dadurch ist sie dann unzufrieden und dadurch ist sie laut und dadurch kann der Lukas nicht lernen.“ (Probandin B03, Z. 670ff)

Weiterhin validiert die Probandin, dass sie ihr Mystery-Map-Ergebnis nur „im Mittelfeld“ sieht, und dass PPW-Karte 7 keine bzw. keine große Rolle für ihre Lösung gespielt hat:

„Ich hatte halt ein bisschen Schwierigkeiten, ein paar Karten direkt mit in die Geschichte zu integrieren. [...] Ähm, vielleicht auch Karte 7 mit den elaborierten Lernstrategien. Da wusste ich auch nicht genau, wie ich die einfügen soll“ (Probandin B03, Z. 685ff).

Trotz lückenhafter Lösung gibt die Probandin an, dass sie durch die Durchführung der Mystery-Methode neue Einsichten gewinnen konnte:

„Ich würde mitnehmen, dass man / Ich glaube, ich habe es noch nie [so] gesehen, dass wenn Schüler[*innen] laut sind, dass auch die Lehrkraft / natürlich ist auch irgendwie die Lehrkraft daran schuld / aber dass es auch von Unzufriedenheit kommen kann, das war mir glaube ich nicht so bewusst.“ (Probandin B03, Z. 742ff)

Die Studentin im sechsten Fachsemester (untere Mystery-Map) verbalisiert zu PPW-Karte 7 direkt beim Ziehen der Karte bereits ganz andere Gedanken:

„(zieht K7 und liest K7 vor: ‚Bei der Anwendung von Elaborationsstrategien werden neue Lerninhalte aktiv mit der eigenen Wissensstruktur, das heißt bereits bestehenden Gedächtnisspuren, verknüpft.‘). (...) Die Elaboration hatte ich ja schon mal so grob mit dem Ausmaß der kognitiven Aktivitäten. Mhm – beziehungsweise / also Karte 3 / beziehungsweise Karte 5 – ähm – mit verschiedenen Ansätzen (legt K7 linksbündig unter K3, K5 rechtsbündig unter K3, legt K3,5 und 7 zusammen nach unten). Hm – das kommt mal auf die gleiche Seite zumindest.“ (Probandin B05, Z. 61ff)

Im weiteren Verlauf der Mystery-Durchführung kommt die Probandin noch zweimal auf Karte 7 und ihre Verbindungen zu anderen Karten zu sprechen:

„So, jetzt haben wir was mit Gehirn [...] (zeigt auf K2 und K9). Dann habe ich kognitive Aktivitäten beziehungsweise Lernstrategien (zeigt auf K3, K5, K7, K11). Und hier oben sind Vorstellungen, Schülervorstellungen und Alltagsvorstellungen (zeigt auf K1, K12). Und hier drüben ist Gedächtnis (zeigt zu K4, K10). [...] (..) Karte 14. Hier sind verschiedene Lernstrategien abgebildet. Kognitive, metakognitive und die ressourcenbezogene[n]. [...] Habe ich ja gerade schon gesagt: K3,7 und 5, das ist bis jetzt so meine Ecke mit Lernstrategien, Arten, wie man sich mit zu Lernendem beschäftigt. Dann lege ich [Karte 14] mal oben drüber, weil das einen ganz guten Überblick gibt (legt K14 über K3). Und grob passt es auch zur Karte 11, wo Max Lisa erklärt, wie [sie] sich Sachen besser merken kann beziehungsweise, dass sie sich Sachen in eigenen Worten erklären soll, um sie sich besser zu merken.“ (Probandin B05, Z. 111ff)

„(liest K7 vor: ‚Bei der Anwendung von Elaborationsstrategien werden neue Lerninhalte aktiv mit der eigenen Wissensstruktur verknüpft‘). Ähm – also eine Elaborationsstrategie wäre ja zum Beispiel Zusammenhänge herzustellen. Also ist das ja im Prinzip eine Elaborationsstrategie, was [Max] Lisa da vorschlägt (legt K7 rechts über K14). Außerdem (liest Karte 5 vor: ‚Während der aktionalen Phase bearbeiten die Lernenden biologische Sachtexte. Die Arbeitsaufträge umfassen: Wichtiges unterstreichen, Fachtermini klären und den Text zusammenfassend wiedergegeben.‘). Ähm – das passt auch hier hin. Das ist der offizielle Arbeitsauftrag sozusagen. Das ist jetzt weniger elaborativ und mehr wiederholend, würde ich sagen. [...] Also hier ist Elaboration, hier ist die Wiederholung. (...) Dann habe ich noch (liest K3 vor: ‚Das Ausmaß der kognitiven Aktivitäten, das Lernende darauf verwenden eine dargebotene Information zu erlernen, spielt eine entscheidende Rolle‘). / Das kann [...] zur Elaboration (legt K3 unter K7).“ (Probandin B05, Z. 204ff)

Außerdem verbalisiert die Probandin, welche Pfeilverbindungen ihr zu Karte 7 wichtig sind:

„(liest K7 vor) [...] dann machen wir mal einen Pfeil von den Elaborationsstrategien runter (zieht Pfeil von K14 zu K7). Ähm – (..) – mhm – vielleicht ‚wichtig bei Elaborationsstrategien‘ (schreibt das Gesagte an Pfeil) (6) Genau. Und dann kann man von der Elaborationsstrategie nochmal einen Pfeil zurück machen zu Max Vorschlag (zieht Pfeil von K7 zu K11). [...] Mhm – ‚beinhaltet eine (..) Elaborationsstrategie‘ (schreibt das Gesagte an Pfeil).“ (Probandin B05, Z. 315ff)

Beim lauten Erinnern gibt die Probandin die Lösung korrekt und sehr umfanglich an. Im Gegensatz zu Probandin B03 schafft sie es, den Unterschied zwischen Wiederholungs- und Elaborationsstrategien in ihre Erklärung einzubeziehen:

„Ähm – ja, problematisch ist erstens, dass sie einen biologischen Sachtext lesen, was sie scheinbar schon öfter gemacht haben, zumindest laut Karte Nummer 17, weil eben ein Lerntypen-Test ergeben haben soll, dass die Klasse total gut mit visuell dargebotenen Materialien lernt, obwohl es vielleicht für die Klasse besser wäre, Alltagsvorstellungen aufzugreifen und Schülervorstellungen zu nutzen, um mit Konzeptwechsellernen zu lernen. Dabei wird sich nämlich an Lernstrategien bedient, sozusagen nämlich dadurch, dass die Schüler aktiv auf ihr Vorwissen zurückgreifen, ähm, wird im Prinzip eine Elaborationsstrategie benutzt. Die Schüler lernen mehr davon. (...) Genau. Neue Lerninhalte werden aktiv mit der eigenen Wissensstruktur verknüpft. Das war Karte 7 und auf Karte 4 und 10 wurden noch mal alle Lernstrategien aufgezeigt. Beziehungsweise die meisten und auch Max, ein Mitschüler von Lisa, [sagt] auf Karte 11: „Hey, guck doch mal! Versuch doch mal eine andere Strategie, dann kannst du den Text vielleicht auch besser verstehen.“ Ähm – genau. Lisa benutzt nur Wiederholungsstrategien. Die sind auch auf Karte 5 wiedergegeben. Sie unterstreicht Wichtiges, erklärt Fachtermini und gibt zusammenfassende Information wieder, aber verknüpft das eben nicht mit ihrem bereits vorhandenen Wissen. Und da ist das Problem – Karte 3 – das Ausmaß der kognitiven Aktivitäten, welches sie auf die Aufgabe verwendet, ist nicht genug, auch weil sie sich eben von ihrem Handy ablenken lässt, die ganze Zeit. [...] Und – ähm – außerdem kennt sie vielleicht auch keine Lernstrategien, die sie effektiv nutzen könnte, um den Text zu verstehen, sondern eben nur Wiederholungsstrategien. Und Lukas kann deshalb nicht lernen, weil er die ganze Zeit arg abgelenkt wird [...]“ (Probandin B05, Z. 581ff)

Weiterhin ist die Probandin anders als die Probandin im achten Fachsemester in der Lage, FW-Karten und FDW-Karten in ihre Lösung einzubeziehen:

„Auf der anderen Seite – ähm – haben wir ja gesagt, dass Lukas sich nicht so richtig konzentrieren kann beziehungsweise nichts aufnehmen kann, weil Lisa ihn ablenkt. Da ist es wichtig, dass – Karte 16 – Informationen im Gehirn an mehreren Orten verarbeitet werden und dabei auch – Karte 19 – enkodiert werden. Die Festigung – Karte 13 – erfolgt dann über Hippocampus und Großhirnrinde und die habe ich, also 16 und 13, auch mit der Karte 10 verknüpft, welche das Modell des / also das Gedächtnismodell zeigt. Ja, genau. Und dann habe ich das Langzeitgedächtnis – Karte 4 – noch da mit drinnen, denn aus dem Langzeitgedächtnis muss ja Vorwissen abgerufen werden beziehungsweise im Langzeitgedächtnis [werden] nach Möglichkeit dann Informationen dauerhaft gespeichert. Das wird erklärt durch die Karten 9 und 2, im Prinzip noch mal auf physiologischer und neuronaler Ebene, nämlich dass ähm durch wiederholte Aktivierung ähm Langzeitpotenzierung entsteht. Und das heißt, Aktionspotentiale können im Prinzip stärker weitergegeben werden. Genau (.) und genau auf Karte 2 wird das nochmal mit Engrammen erklärt.“ (Probandin B05, Z. 614ff)

Die Probandin hält ihr Mystery-Map-Ergebnis beim Reflektieren über ihren Lernerfolg durch das Mystery selbst für „noch nicht hundertprozentig“ (Probandin

B05, Z. 643) zufriedenstellend. Dennoch ist sie in der Lage sinnvolle Verbesserungsvorschläge für den Unterricht zu machen:

„Auf jeden Fall mehr auf Lernstrategien eingehen, weil offensichtlich ist ja bis dato der Arbeitsauftrag immer nur (.) ‚Wichtiges unterstreichen, Text zusammenfassend wiedergeben‘. [...] Das ist halt wirklich nur eine Wiederholung und eine Wiedergabe. Also man sollte auf jeden Fall stärker darauf eingehen, eben Arbeitsaufträge zu stellen, die Elaboration einfordern. Hmm – und dann sollte man natürlich die / äh wie war das schöne Wort / den Neuromythos von den Lerntypen entlarven. Lerntypen gibt es wissenschaftlich gesehen gar nicht und demnach könnte die Lehrkraft auch mal unterschiedliches Material verwenden und Alltagsvorstellungen aufgreifen etc. [...].“ (Probandin B05, Z. 672ff)

Außerdem reflektiert sie ihren Lernerfolg vor dem Hintergrund des besuchten Lernangebots:

„Und Lernstrategien... Gut, das war vorher auch schon relativ bekannt aus dem Kernstudium, aber insgesamt hat mir das Seminar auf jeden Fall stark geholfen, das auch alles zu verknüpfen, noch mal so / also diese ganzen Aspekte noch mal strukturiert in meinem Kopf zusammenzubekommen, sozusagen.“ (Probandin B05, Z. 766ff)

5 Diskussion und Schlussfolgerungen für die weitere Ergebnisauswertung

Die Ergebnisse zu FF1 zeigen, dass sich auf Basis einer inhaltsleeren Mystery-Matrix (Benninghaus et al., 2019a) mit den Dimensionen *PPW*, *FW*, *FDW* und *Lehr-Lern-Szenario* (vgl. Abbildung 5) ein Mystery zum Thema *Gehirn und Lernen* konstruieren lässt (vgl. Abbildung 6), das die Inhalte des verzahnten Lernangebots *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht* (Grospietsch, 2019) berücksichtigt. Für die Beantwortung der mysteriösen Leitfrage „*Warum kann Lukas nicht lernen, wenn Lisa etwas fehlt?*“ müssen die je fünf Karten zu *PPW* zur Psychologie des menschlichen Lernens, *FW* zu neurowissenschaftlichem Schulwissen und *FDW* zu Instruktionsstrategien nachhaltigen Lernens (Meier et al., 2019) gleichermaßen einbezogen und sinnvoll mit dem Lehr-Lern-Szenario in Beziehung gesetzt werden. Der dargestellte Konstruktionsprozess belegt, dass sich Mysterys nicht nur zu schulischen (Grospietsch & Heuckmann, 2024; Großmann et al., 2022; Meier & Ziepprecht, 2019; Mülhausen & Pütz, 2019; 2020; Pütz & Mülhausen, 2021), sondern auch zu hochschulischen Lerninhalten gestalten lassen. Mit Blick auf die durchgeführten Konstruktionsschritte nach Grospietsch und Lins (2023) erscheint es möglich, die (inhaltsleere) Mystery-Matrix mit Bezug zur Lehrkräftebildung auch auf andere Professionsbereiche und Themen zu übertragen. Die im Rahmen dieser Studie in Anlehnung an Benninghaus et al. (2019a) angestrebte Gleichverteilung der Mystery-Karten auf drei unterschiedliche Wissensbereiche ist dabei kein Muss. Auch Schwerpunktsetzungen bzgl. einzelner Professionswis-

sensbereiche (z. B. ein FDW-Fokus wie im Beitrag von Masanek & Doll, in diesem Band) wären denkbar und je nach Forschungsfrage durchaus sinnvoll.

Die exemplarischen Ergebnisse zu FF2 belegen zunächst, dass sich das konstruierte Mystery zum Thema *Gehirn und Lernen* in ca. 60 Minuten bearbeiten und von Proband*innen in Einzelarbeit lösen lässt. Rekurrierend auf Pütz und Mülhausen (2018) hätte die Durchführung der Unterrichtsmethode für die Studierenden stimulierender sein können, wenn das Mystery in Kleingruppen bearbeitet worden wäre. Grund dafür ist, dass mehr Gruppenmitglieder mit mehr Aushandlungs- und Einigungsprozessen zu Kartenkombinationen und -inhalten einhergehen. Für die Forschungsfragen dieser Studie war eine Einzeltestung erforderlich, jedoch konnten die Studierenden in Seminarsitzung 12 (vgl. Tabelle 1) ein Mystery für Schüler*innen (Grospietsch & Benninghaus, 2021) in Kleingruppen erproben. Diese Vorinstruktion stellte sicher, dass alle Proband*innen vor dem Untersuchungsteil *Mystery* mit der Unterrichtsmethode vertraut gemacht wurden. In der Einzeltestung konnte sich so auf Vorinstruktionen zum *Lauten Denken* (Sandmann, 2014) konzentriert werden (Übung I: Fenster der eigenen Wohnung zählen und laut denken; Übung II: Puzzle mit fünf Teilen legen und laut denken). Das gewählte Vorgehen sowie die zur Verfügung gestellten Materialien (z. B. Vorgaben zu Pfeilarten und -beschriftungen in Anlehnung an die Studie von Benninghaus et al., 2019a) erwiesen sich in der präsentierten Studie als geeignet, um mit uni- und bidirektionalen Pfeilen beschriftete Mystery-Maps sowie Audio-Daten zum lauten Denken, lauten Erinnern und Reflektieren zu erheben. Die Aufbereitung der Daten zum lauten Denken dauerte rückblickend deutlich länger als geplant, da Videodaten zum Legen der einzelnen Mystery-Karten einbezogen werden mussten. Die entstandenen Mystery-Maps könnte man statt mit *Data-Mining* vermutlich auch mit anderen Methoden, die zur Analyse von Concept-Maps verwendet werden (vgl. Beitrag Ritter, in diesem Band), auswerten.

Die Ergebnisse zu FF2 zeigen weiterhin, dass Biologielehramtsstudierende das Mystery zum Thema *Gehirn und Lernen* nach Besuch des verzahnten Lernangebots *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht* (Grospietsch, 2019) unterschiedlich gut lösen. Beide Probandinnen, die für diesen Beitrag exemplarisch ausgewählt wurden, schätzen ihr Mystery-Map-Ergebnis grundsätzlich realistisch ein. Ihre Mystery-Maps und auch ihre verbalisierten Gedanken bei der Durchführung der Mystery-Methode unterscheiden sich stark voneinander und können mit Rückblick auf die *Knowledge-in-pieces-Theorie* von diSessa (2013) (vgl. Kapitel 2.1) als Indiz für einen unterschiedlichen kognitiven Entwicklungszustand der Studierenden interpretiert werden. Probandin B05 äußert explizit, dass sie Wissens Elemente zum Thema *Gehirn und Lernen* durch die Nutzung des verzahnten Lernangebots besser im „Kopf zusammenbekommen kann“, was theoretische Annahmen des *Angebots-Nutzungs-Modells hochschulischer Kohärenzbildung* nach Hellmann et al. (2021) untermauert. Außerdem ist die Probandin B05 – anders als Probandin B03 – in der Lage, die

Lerntypentheorie als Neuromythos einzuordnen. In Anlehnung an Abbildung 2 zeugt dies von einem stark vernetzten Professionswissen (vgl. diSessa, 2013). Auffällig beim Vergleich von Mystery-Maps und verbalisierten Gedanken ist, dass einige Verbindungen laut gedacht, aber nicht verschriftlicht wurden (vgl. z. B. Abbildung 7: keine Verbindung zwischen Karte 5 und 7 versus Zitat Probandin B05, Z. 204ff: „Das [= K5] passt auch hier [zu K7] hin“). Trotz einzelner solcher Befunde belegen die Ergebnisse zu FF2, dass Erhebungen mit Mysterys als Testinstrument den empirischen Forschungsstand zur Evaluation des verzahnten Lernangebots *Nachhaltiges Lernen im Biologieunterricht* (Grospietsch & Mayer, 2018; 2019; 2021a; 2021b) sinnvoll erweitern. Pretest-Posttest-Messungen mit einzelnen Wissenstests können den Wissenszuwachs durch das Seminar nachweisen. Mystery-Maps und verbalisierte Gedanken als Lernprodukte bei der Lösung eines systematisch konstruierten Mysterys scheinen hingegen individuelle Unterschiede in der kognitiven Entwicklung von Proband*innen sichtbar zu machen. Die im Rahmen dieses Beitrags exemplarisch präsentierten Daten sprechen dafür, zukünftig stärker zwischen Repräsentationen *vernetzten Wissens* (Mystery-Maps) und *vernetztem Denken* (lautes Denken bei der Durchführung von Mysterys) zu unterscheiden. Bei der weiteren Ergebnisauswertungen des vorgestellten Forschungsprojekts soll dies Berücksichtigung finden.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Becker, J., Gröne, C., Kamann, M., Linkwitz, M., Nixdorf, D. & Seufert, H. (2017). *Biosphäre Neurobiologie. Sekundarstufe II* (1. Aufl.). Cornelsen.
- Benninghaus, J. C., Mühling, A., Kremer, K. & Sprenger, S. (2019a). Complexity in education for sustainable consumption – An educational data mining approach using mysteries. *Sustainability*, 11 (722), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su11030722>
- Benninghaus, J. C., Mühling, A., Kremer, K. & Sprenger, S. (2019b). The mystery method reconsidered – A tool for assessing systems thinking in education for sustainable development. *Education Sciences*, 9(260), 1–15. <https://doi.org/10.3390/educsci9040260>
- Bleicher, R. E. (2004). Revisiting the STEBI-B: Measuring self-efficacy in preservice elementary teachers. *School Science and Mathematics*, 104(8), 383–391. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2004.tb18004.x>
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P. & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3, 429. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- diSessa, A. A. (2013). A bird's-eye view of the „pieces“ vs. „coherence“ controversy (from the „pieces“ side of the fence) (Educational psychology handbook series). In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (2. Aufl., S. 31–48). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Gimbel, K., Grospietsch, F. & Ziepprecht, K. (2021). Aspekte professioneller Handlungskompetenz fach- und inhaltspezifisch ausdifferenzieren und theoriebasiert fördern. In M. Meier, C. Wulff & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Vielfältige Wege biogiedidaktischer Forschung. Vom Lernort Natur über Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zur Lehrerprofessionalisierung. Festschrift für Prof. Dr. Jürgen Mayer* (S. 219–235). Waxmann.

- Gimbel, K., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (2018). Überzeugungen angehender Lehrkräfte fachspezifisch und inhaltspezifisch operationalisieren und erfassen. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gillen, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung: Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 179–198). Universitätsverlag Potsdam.
- Grospietsch, F. (2019). *Berücksichtigung von Studierendenvorstellungen zum Thema Gehirn und Lernen in der Lehrkräfteausbildung Biologie*. Kobra.
- Grospietsch, F. (2022). Fünf Mythen mit Neurobiologiebezug, denen auch praktizierende (Biologie-) Lehrkräfte auf den Leim gehen. *MNU Journal*, 75(2), 186–190.
- Grospietsch, F. & Benninghaus J. C. (2021). Tomaten auf den Augen? Ein Mystery zur BNE digital umsetzen. *Digital unterrichten BIOLOGIE*, 9, 6–7.
- Grospietsch, F. & Heuckmann, B. (Hrsg.) (2024). *Biosphäre Mysterys SI/SII. Gesundheitsbildung*. Cornelsen.
- Grospietsch, F. & Lins, I. (2021). Review on the prevalence and persistence of neuromyths in education – where we stand and what is still needed. *Frontiers in Education*, 6, 665752. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.665752>
- Grospietsch, F. & Lins, I. (2023). Problembasiertes Lernen mittels Mystery-Methode im Biologieunterricht. *MNU Journal*, 76(3), 194–199.
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018). Professionalizing pre-service biology teachers' misconceptions about learning and the brain through conceptual change. *Education Sciences*, 8(3), 120. <https://doi.org/10.3390/educsci8030120>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2019). Pre-service science teachers' neuroscience literacy: Neuromyths and a professional understanding of learning and memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 20. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00020>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2020). Misconceptions about neuroscience – prevalence and persistence of neuromyths in education. *Neuroforum*, 26(2), 63–71. <https://doi.org/10.1515/nf-2020-0006>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2021a). Angebot, Nutzung und Ertrag von Konzeptwechsellernen zu Neuromythen bei angehenden Biologielehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27, 83–107. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00127-0>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2021b). Didaktische Rekonstruktion als Planungs- und Forschungsrahmen nutzen – Fachliche Klärung, Gestaltung und Evaluation einer universitären Lehrveranstaltung zum Thema Gehirn und Lernen. *Herausforderung Lehrer*innenbildung – Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion (HLZ)*, 4(2), 165–192. <https://doi.org/10.11576/hlz-2548>.
- Großmann, L., Nessler, S. H. & Krüger, D. (Hrsg.) (2022). *Biosphäre Mysterys SI/SII. Rätselhafte Wege der Erkenntnisgewinnung*. Cornelsen.
- Helfferich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews* (4. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hellmann, K., Ziepprecht, K., Baum, M., Glowinski, I., Grospietsch, F., Heinz, T., Masanek, N. & Wehner, A. (2021). Kohärenz, Verzahnung und Vernetzung – Ein Angebots-Nutzungs-Modell für die hochschulische Lehrkräftebildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 14(2), 311–332. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31237.42725>
- Karkdijk, J., van der Schee, J. A. & Admiraal, W. F. (2013). Effects of teaching with mysteries on students' geographical thinking skills. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 22(3), 183–190. <https://doi.org/10.1080/10382046.2013.817664>
- Karkdijk, J., van der Schee, J. A. & Admiraal, W. F. (2019). Students' geographical relational thinking when solving mysteries. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 28(1), 5–21. <https://doi.org/10.1080/10382046.2018.1426304>
- Knorr, P. & Schramm, K. (2012). Datenerhebung durch Lautes Denken und Lautes Erinnern in der fremdsprachendidaktischen Empirie. In S. Doff (Hrsg.), *Fremdsprachenunterricht empirisch erforschen. Grundlagen – Methoden – Anwendung* (S. 184–201). Narr.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, J. & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716–725. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.716>

- Kunter, M. & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 261–281). Springer.
- Leat, D. (Hrsg.). (1998). *Thinking through Geography* (2. Aufl.). Kington.
- Mayer, J., Ziepprecht, K. & Meier, M. (2018). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 9–20). Waxmann.
- Masanek, N. & Doll, J. (2023). Die Nutzung professionellen Wissens durch Lehramtsstudierende in einer schulnahen Handlungssituation: ein Vergleich zweier Vignetten und zweier Stichproben. In A. Wehner, N. Masanek, K. Hellmann, T. Heinz, F. Grospietsch & I. Glowinski, (Hrsg.), *Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden – Eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung* (S. 261–287). Klinkhardt.
- Meier, M., Grospietsch, F. & Mayer, J. (2018). Vernetzung von Wissensfacetten professioneller Handlungskompetenz in hochschuldidaktischen Lehr-Lernsettings. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gilen, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung. Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 143–178). Universitätsverlag Potsdam.
- Meier, M. & Ziepprecht, K. (Hrsg.) (2019). Biologische Rätsel. *Unterricht Biologie kompakt*, 43(450).
- Mülhausen, J. & Pütz, N. (Hrsg.) (2019). *Mysteries im Biologieunterricht. 9 rätselhafte Fälle für den Biologieunterricht* (3. Aufl.). Aulis.
- Mülhausen, J. & Pütz, N. (Hrsg.) (2020). *Neue Mysteries im Biologieunterricht. 9 rätselhafte Fälle zur Nachhaltigkeit und Ökologie*. Aulis.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2002). Understanding the brain: towards a new learning science. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Pütz, N. & Mülhausen, J. (2018). Mysteries. In U. Spörhase & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie-Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 160–166). Cornelsen.
- Pütz, N. & Mülhausen, J. (Hrsg.) (2021). *Mysteries im Fach Naturwissenschaft. 9 rätselhafte Fälle zu fächerübergreifenden Themen der Nachhaltigkeit*. Aulis.
- Pütz, N., Mülhausen, J. & Nolting, K. J. (2021). Die Mystery-Methode – auch digital möglich!. In N. Pütz & J. Mülhausen (Hrsg.), *Mysteries im Fach Naturwissenschaft. 9 rätselhafte Fälle zu fächerübergreifenden Themen der Nachhaltigkeit*. Aulis.
- Ritter, R. (2023). Concept Mapping als Methode zur Messung vernetzten Wissens?. In A. Wehner, N. Masanek, K. Hellmann, T. Heinz, F. Grospietsch & I. Glowinski, (Hrsg.), *Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden – Eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung* (S. 167–183). Klinkhardt.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung* (S. 179–188). Springer.
- Schmäing, T. & Grotjohann, N. (2023). Die empirische Beforschung eines Mysteries über das Wattenmeer. Der Einfluss dieser unterrichtlichen Methodik auf das Flow-Erleben im Kontext der Interessenforschung sowie die Relevanz von vorherigen Erfahrungen mit diesem Ökosystem. *Journal für Didaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik*, 7, 190–204.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2004). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i. d. F. vom 05.02.2004)*.
https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Biologie.pdf
- van der Schee, J. A., Leat, D. & Vankan, L. (2006). Effects of the use of thinking through geography strategies. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 15(2), 124–133.
<https://doi.org/10.2167/irgee190.0>
- Voss, T. & Kunter, M. (2011). Pädagogisch-psychologisches Wissen von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 193–214). Waxmann.

Autorinnen

Grospietsch, Finja, Dr.

ehemals Universität Hamburg, Didaktik der Biologie

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Methoden nachhaltigen Lernens im Biologieunterricht, Alltagsvorstellungen und Mythen zu humanbiologischen Unterrichtsthemen, Kohärenz, Verzahnung und Vernetzung in der Lehrkräftebildung Biologie

derzeit: grospietsch@leibniz-ipn.de

ORCID: 0000-0002-4141-9671

Lins, Isabelle

ehemals Universität Hamburg, Didaktik der Biologie

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Lehrkräfteprofessionalisierung, Problembasiertes Lernen im Biologieunterricht, humanbiologische Unterrichtsthemen

isabelle.lins@univ-rennes.fr

Danksagung

Wir danken den Hilfskräften M. Haeger, T. Szczygiel, J. Schätzlein, T. Jungbluth und A. Krause, die die Datenerhebung und -aufbereitung mit besonderem Engagement unterstützt haben. Gleichrangig bedanken wir uns bei den 49 Biologielehramtsstudierenden, die diese Studie mit ihrer Teilnahme am verzahnten Lernangebot überhaupt erst möglich gemacht haben.

Förderung

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1805 gefördert. Die Anfertigung dieses Manuskript erfolgte im Rahmen des Projekts „Professionelles Lehrerhandeln zur Förderung fachlichen Lernens unter sich verändernden gesellschaftlichen Bedingungen (ProfaLe)“ (Förderkennzeichen: 01JA1811). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.