



Angebot, Nutzung und Ertrag von Konzeptwechselltexten zu Neuromythen bei angehenden Biologielehrkräften

Finja Grospietsch¹ · Jürgen Mayer¹

Eingegangen: 11. November 2019 / Angenommen: 22. Februar 2021 / Online publiziert: 27. April 2021
© Der/die Autor(en) 2021

Zusammenfassung

Lehrkräftebildung hat das Ziel, Studierende zu Fachleuten für das Lehren und Lernen auszubilden. Empirische Studien zeigen jedoch sowohl bei angehenden als auch praktizierenden Lehrkräften eine hohe Zustimmung zu Fehlvorstellungen zum Thema Gehirn und Lernen – sogenannten Neuromythen. In der vorliegenden Studie wird in einem Mixed-Model-Design ($N=40$) mit quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden und vor dem theoretischen Hintergrund eines Angebots-Nutzungs-Modells untersucht, inwiefern sich durch eine universitäre Lehrveranstaltung mit Konzeptwechselltexten die Zustimmung angehender Biologielehrkräfte zu Neuromythen verändern lässt. Dazu wurde ein Seminar entwickelt und durchgeführt, in dem neun Konzeptwechselltexte eingesetzt wurden. Quantitative Daten wurden zu drei Messzeitpunkten mittels Fragebogen erhoben, qualitative Daten semesterbegleitend mittels offener Aufgaben zu Konzeptwechselltexten. Durch die systematische Verschränkung der Daten wurden Gelingensbedingungen für den Ertrag des Lernangebots geprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass angehende Biologielehrkräfte Neuromythen nicht nur zustimmen, sondern fachlich nicht angemessene und subjektiv-biografische Argumente für Neuromythen nennen. Trotz identifizierter Optimierungsmöglichkeiten bei Angebot und Nutzung der Konzeptwechselltexte für/durch die Studierenden zeigen die quantitativen Ergebnisse, dass sich die Zustimmung zu Neuromythen durch das Seminar mit Konzeptwechselltexten nachhaltig und mit mittleren bis hohen Effektstärken reduzieren lässt. Die qualitativen Ergebnisse zeigen, dass die Argumente angehender Lehrkräfte für Neuromythen breit gestreut sind und nur zu 37–76% mit den Inhalten der konzipierten Konzeptwechselltexte übereinstimmen. Die Nachbereitung der Konzeptwechselltexte durch die Studierenden verblieb in vielen Fällen auf niedrigem Niveau. Passung des Lehr-Lern-Materials sowie Nachbereitungsniveau erwiesen sich jedoch nicht als Gelingensbedingungen für den Ertrag des Lernangebots. Insgesamt stützen die Ergebnisse, dass das Aufgreifen und Reflektieren von Fehlvorstellungen eine gewinnbringende Perspektive für die Lehrkräftebildung darstellt.

Schlüsselwörter Fehlvorstellungen · Neuromythen · Gehirn · Lernen · Konzeptwechselltexte · Lehrkräftebildung

Das eingereichte Manuskript zu diesem Artikel ist Teil der Doktorarbeit von Finja Grospietsch.

✉ Finja Grospietsch
finja.grospietsch@uni-kassel.de

¹ Didaktik der Biologie, Universität Kassel,
Heinrich-Plett-Straße 40, 34132 Kassel, Deutschland

Offer, Use, and Outcomes of Conceptual Change Texts on Neuromyths Among Pre-service Biology Teachers

Abstract

The goal of teacher education is to qualify students as experts in teaching and learning. However, empirical studies reveal a high endorsement of misconceptions on the topic of learning and the brain – known as neuromyths – among both pre-service and in-service teachers. The present study investigates to what extent a university course including conceptual change texts can change pre-service biology teachers' endorsement of neuromyths in a mixed-model design ($N=40$) encompassing quantitative and qualitative research methods and taking an offer-and-use-model as its theoretical foundation. Specifically, a seminar incorporating nine conceptual change texts was developed and conducted. Quantitative data was collected via questionnaires at three measurement points; qualitative data was collected throughout the semester via open-ended tasks related to the conceptual change texts. Conditions in which the learning opportunities successfully made an impact were tested by systematically interweaving the data. The results show that pre-service biology teachers not only endorse neuromyths but also support them with scientifically inappropriate and subjective biographical arguments. While identifying opportunities for further optimization in the offer and use of conceptual change texts among students, the quantitative results show that the seminar including conceptual change texts can sustainably reduce endorsement of neuromyths with a medium to large effect size. The qualitative results show that pre-service teachers employ diverse arguments in support of neuromyths, only 37–76% of which overlapped with the arguments addressed in the conceptual change texts. In many cases, students engaged with the follow-up task of the conceptual change texts at a low level. Nevertheless, the degree of fit of the teaching and learning material and the students' level of engagement were not found to affect the overall outcome of the learning offer. Overall, the results support the assumption that addressing and reflecting on misconceptions is a productive perspective for teacher education.

Keywords Misconceptions · Neuromyths · Brain · Learning · Conceptual change texts · Teacher education

Einleitung

Wissenschaftlich fundiertes Fachwissen ist ein Aspekt professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften und gilt als Voraussetzung für reflektiertes Unterrichtshandeln (Bauert und Kunter 2006). Trotz Vermittlung dieses Wissens während der universitären Ausbildung haben Lehramtsstudierende naturgemäß auch wissenschaftlich nicht angemessene Vorstellungen zu den Gegenständen ihrer Profession (Fehlvorstellungen¹) (z. B. Aydin 2012, 2017; Çalik et al. 2007; Prinz et al. 2018). Eine spezifische Art von Fehlvorstellungen sind wissenschaftliche Mythen, unter denen in den letzten Jahren besonders jene zum Thema Gehirn und Lernen ins Zentrum von empirischen Studien gestellt wurden (z. B. Dekker et al. 2012; Ferrero et al. 2016; Horvath et al. 2018). Neurowissenschaftliche Mythen, die trotz wissenschaftlicher Widerlegung herangezogen werden, um pädagogisches Handeln zu begründen, werden unter dem Begriff *Neuromythen* zusammengefasst (OECD 2002). Als besonders weit verbreitet, selbst bei praktizierenden Lehrkräften, gelten die Lerntypentheorie und Brain-Gym-An-

sätze (z. B. Ferrero et al. 2016; Papadatou-Pastou et al. 2017). Für Biologielehrkräfte ist das Thema Gehirn und Lernen – anders als für Lehrkräfte anderer Fächer – als Unterrichtsinhalt relevant (z. B. Becker et al. 2017; Dierkes 2019; Roth 2014). Durch ihre Doppelfunktion als Lerncoach und Vermittler für Themen wie Bau und Funktion des Gehirns oder Langzeitpotenzierung können ihre Vorstellungen von Gehirn und Lernen weitreichende Einflüsse auf die Vorstellungen und Lernstrategien von Schüler/innen haben. Es ist demnach besonders wichtig, dass angehende Biologielehrkräfte während des Studiums wissenschaftlich angemessene Vorstellungen zum Thema Gehirn und Lernen aufbauen. Der aktuelle Trend um Neurodidaktik (z. B. Folta-Schoofs und Ostermann 2019; Herrmann 2009) macht es für angehende Biologielehrkräfte jedoch nicht einfacher, Neuromythen von „Neurofakten“ (Krammer et al. 2019) zu unterscheiden und über das Studium hinweg fachlich angemessene Vorstellungen zum Thema Gehirn und Lernen aufzubauen. Lehr-Lern-Materialien, mit denen Fehlvorstellungen zu fachlich angemessenen Vorstellungen erweitert werden können, sind Konzeptwechseltexte (Wang und Andre 1991). In der vorliegend beschriebenen Studie wurde eine Seminarkonzeption, die den Einsatz von Konzeptwechseltexten zu Neuromythen beinhaltet, evaluiert. Interpretationsfolie bildet ein Angebots-Nutzungs-Modell (Helmke 2014). Untersucht wird sowohl der Prozess systematischer Instruktion, durch den angehende Biologielehrkräfte ihre

¹ Im Rahmen dieses Artikels wird der Begriff *Fehlvorstellung* statt *Alltagsvorstellung* verwendet, um zu betonen, dass die mit ihm gekennzeichneten Vorstellungen im Kontext professioneller Handlungskompetenz für Lehrkräfte nicht angemessen sind, da sie nicht mit wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen übereinstimmen.

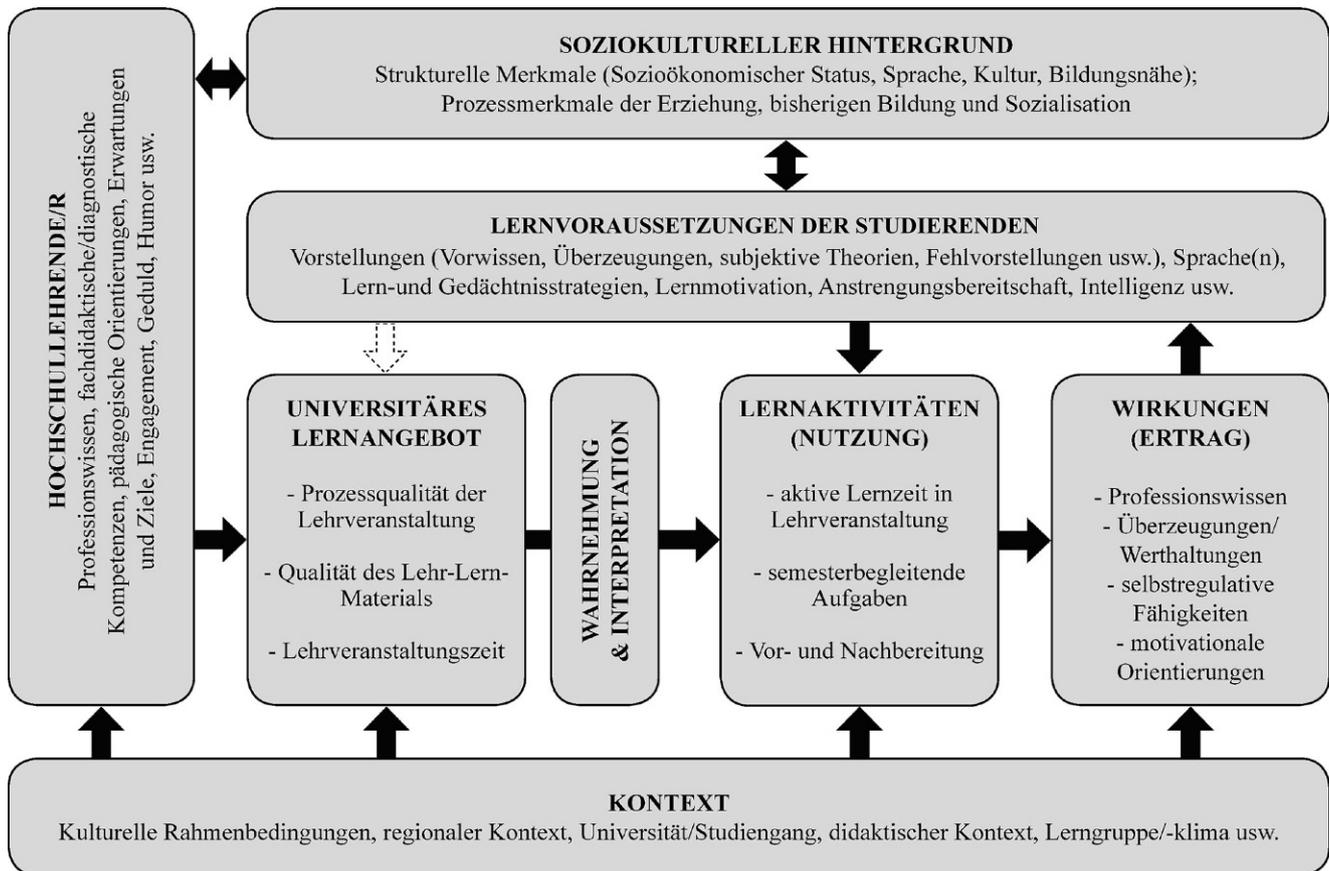


Abb. 1 Angebots-Nutzungs-Modell für die universitäre Lehrkräftebildung. (Nach Grospietsch 2019; ausdifferenziert und erweitert ausgehend von Helmke 2014)

Zustimmung zu Fehlvorstellungen verändern, als auch ein methodisches Design, um Konzeptwechsel und die Schwierigkeiten, die dabei bestehen, zu dokumentieren.

Theoretischer Hintergrund

Ein Angebots-Nutzungs-Modell für die universitäre Lehrkräftebildung

Das Angebots-Nutzungs-Modell der Wirkweise von Unterricht geht auf Helmke (2014) zurück und ist nach Kohler und Wacker (2013) das „prominenteste Wirkmodell innerhalb der Schul- und Unterrichtsforschung“ (S. 241). Inhaltlich umfasst das Modell die Komponenten Qualität des Lernangebots, Wahrnehmung/Interpretation des Lernangebots, Lernaktivitäten (Nutzung) und Wirkung (Ertrag). In seiner Mehrebenenstruktur bezieht es auch den gesellschaftlichen/institutionellen Kontext sowie Lehrkräfte- und Lernendenmerkmale mit ein (Helmke 2014). Inzwischen existieren viele reduzierte, erweiterte und adaptierte Modelle (vgl. z. B. Keller-Schneider und Albisser 2012; Lipowsky 2009). Helmke und Schrader (2010) übertragen das

Angebots-Nutzungs-Modell auf den Hochschulunterricht. Grospietsch (2019) differenzierte es für die universitäre Lehrkräftebildung aus (Abb. 1). Bei diesem Angebots-Nutzungs-Modell handelt es sich nicht um eine 1:1-Übertragung des schulischen Modells auf den universitären Kontext, sondern seine heuristische Erweiterung um Aspekte der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) sowie der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften (Baumert und Kunter 2006).

Als Angebots-Nutzungs-Modell für die universitäre Lehrkräftebildung (Grospietsch 2019) verdeutlicht das Modell u. a., dass universitäre Lernangebote nicht nur durch die/den Hochschullehrende/n und den Kontext bestimmt werden. Die Lernvoraussetzungen der Studierenden – z. B. ihre Vorstellungen, Lern- und Gedächtnisstrategien oder Lernmotivation – können² (vgl. Abb. 1) ebenso Einfluss auf die Gestaltung und Qualität eines universitären Lernangebots nehmen, sofern sie beispielsweise in Anlehnung an das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) bei dessen Konstruktion bewusst mit-

² Dieses können wird im Modell von Grospietsch (2019) durch einen gestrichelten Pfeil verdeutlicht.

berücksichtigt werden. Zielgrößen des für die universitäre Lehrkräftebildung ausdifferenzierten Angebots-Nutzungs-Modells nach Grospietsch (2019) bilden vor dem Hintergrund professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften Professionswissen, Überzeugungen/Werthaltungen, selbstregulative Fähigkeiten und motivationale Orientierungen (Baumert und Kunter 2006). In seiner Gesamtheit stellt das Modell die Vielfalt der auf universitäre Lernangebote für angehende Lehrkräfte einwirkenden Einflüsse und von ihm ausgehende Effekte dar. Durch den Einbezug des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) erlaubt das Modell eine konstruktivistische Sichtweise auf Lernen an der Universität und bietet einen neuen Ausgangspunkt für die Formulierung von Problemen und Perspektiven für die Professionsforschung zu angehenden Lehrkräften.

Modell der Didaktischen Rekonstruktion und Konzeptwechsel in der Hochschulbildung

Aus moderat konstruktivistischer Perspektive (Gerstenmaier und Mandl 1995) kann davon ausgegangen werden, dass nicht nur Schüler/innen, sondern potenziell alle Lernenden Akteur/innen ihres eigenen Lernprozesses sind. Ausgehend von der Grundannahme, dass Vorstellungen und Vorwissen auch im Hochschulbereich „die wichtigsten Faktoren für den Aufbau und die Integration neuen Wissens darstellen“ (Komorek et al. 2013, S. 44) wurde von Grospietsch (2019) ein Modell der Didaktischen Rekonstruktion für die Hochschulbildung entworfen, das einer vollständigen Übertragung des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) auf die Hochschulbildung entspricht (vgl. Abb. 2).³ Analog zum schulischen Modell umfasst das Modell für die Hochschulbildung die Komponenten fachliche Klärung zu einem Inhalt der Hochschulbil-

dung, Erfassen von Lernendenperspektiven (Studierendenvorstellungen) und didaktische Strukturierung (Design von universitären Lernangeboten). Es kann für unterschiedliche Studierendengruppen ausdifferenziert und als Forschungs- und Planungsrahmen verwendet werden. Mit dem Ziel, angehende Biologielehrkräfte effektiv dabei zu unterstützen, professionelle Vorstellungen zum Thema Gehirn und Lernen zu konstruieren, ist das Modell thematisch ausdifferenziert, angewendet, erprobt und evaluiert worden (Grospietsch 2019). Ergebnis der didaktischen Strukturierung sind (1) ein universitäres Lehr-Lern-Modell *Professioneller Konzeptwechsel* (Grospietsch und Mayer 2018a), das die Grundideen von drei prominenten Konzeptwechseltheorien (Chi 2013; diSessa 2013; Vosniadou 2013) zusammenführt, (2) eine Lehrveranstaltung zum Thema Gehirn und Lernen (Grospietsch und Mayer 2021), die dazu beiträgt, dass angehende Biologielehrkräfte bei der Konstruktion von vernetztem Professionswissen sowie der Reduzierung von transmissiven Lehr-Lern-Überzeugungen und Fehlvorstellungen (Neuromythen) unterstützt werden (Grospietsch und Mayer 2018b, 2018c), sowie (3) Konzeptwechseltexte zu Neuromythen (vgl. Abb. 2).

Konzeptwechselforschung hat ihren Ursprung in den 1970er-Jahren (Kuhn 1970; Piaget 1970) und gilt von Posner et al. (1982) bis heute als ein zentraler Forschungszweig zum naturwissenschaftlichen Unterricht. Theorien dazu, was einen Konzeptwechsel auszeichnet und wie dieser durchlaufen werden kann, können weder begrifflich noch konzeptuell als einheitlich angesehen werden (vgl. Vosniadou 2013). Gemein ist der Grundgedanke, dass Fehlvorstellungen robust gegenüber Veränderungen sein können und Schüler/innen bei der Konstruktion fachlich angemessener Vorstellungen unterstützt werden müssen. Lin et al. (2016) geben einen Überblick über bekannte Instruktionsstrategien und Einflussfaktoren. Diese werden

Abb. 2 Modell der Didaktischen Rekonstruktion für die Hochschulbildung mit Beispielen einer Ausdifferenzierung zum Thema Gehirn und Lernen. (Nach Grospietsch 2019)



³ Zur Genese dieses Modells sowie seiner Abgrenzung zu früheren Modellen siehe Grospietsch und Mayer (2021).

zunehmend auch bei Studierenden untersucht (z.B. Prinz et al. 2018). *Schülervorstellungen und Konzeptwechsel* als Inhalt von Lehre und Fortbildung ist heutzutage fester Bestandteil der naturwissenschaftsdidaktischen Lehrkräftebildung (z.B. Schecker et al. 2018). Nach Grospietsch et al. (2021, im Druck) werden bislang jedoch wenig Versuche unternommen, die gesamte Konzeption von Lehr- bzw. Fortbildungsveranstaltungen für angehende sowie praktizierende Lehrkräfte nach dem Lehr-Lern-Modell *Lernen mittels Konzeptwechsel* zu gestalten. In einer Studie von Grospietsch und Mayer (2018b) erwiesen sich Konzeptwechseltexte als entscheidendes Element einer solchen universitären Lehrveranstaltung, um Fehlvorstellungen angehender Biologielehrkräfte zu reduzieren.

Konzeptwechseltexte – Begriffliche Klärung und Forschungsstand

Das direkte Widerlegen gilt als eine effektive Instruktionsstrategie, um einen Konzeptwechsel⁴ von Fehlvorstellungen zu wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen zu unterstützen (Kowalski und Taylor 2009, 2011). Als wirksames Lehr-Lern-Material haben sich Konzeptwechseltexte erwiesen (Guzzetti et al. 1993). Die Entwicklung dieser Textsorte basiert auf einem Textkonzept von Roth (1985), das die Bedingungen für einen Konzeptwechsel nach Posner et al. (1982) einbezieht. Konzeptwechseltexte (Wang und Andre 1991) kontrastieren alternative Vorstellungen mit wissenschaftlich angemessenen, indem sie Fehlvorstellungen zunächst aufgreifen und sie anschließend durch Widerlegungsimpulse (z.B. „Doch das stimmt nicht!“) und die Erklärung der wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen explizit widerlegen (Tippett 2004; Yürük 2007). Zusätzlich zeichnen sie sich durch sogenannte metakonzeptuelle Elemente aus. Damit sind beispielweise schriftliche Arbeitsaufträge vor und nach dem Lesen der Texte gemeint, durch die Lernende ihre bisherigen Vorstellungen abrufen und/oder nach dem Lesen erweitern sollen (Chambers und Andre 1995; Egbers und Marohn 2013). Durch metakonzeptuelle Elemente sollen die bisherigen Vorstellungen aktiviert werden und es soll ein Bewusstsein für die Unterschiede zwischen naiver und fachlich angemessener Vorstellung geschaffen werden. Das heißt Konzeptwechseltexte gehen über das reine Präsentieren logischer Argumente für wissenschaftlich angemessene Vorstellungen und das Lesen und Verstehen von Textinformationen hinaus. Es geht vielmehr um eine Interaktion zwischen der/dem Lesenden und dem Text (Egbers und Marohn 2013; Mikkilä-Erdmann 2001; Pabuccu und Geban 2006). Konzept-

wechseltexte können folglich als konstruktivistisches Lehr-Lern-Material definiert werden, bei dem Lernende durch den Verbund von widerlegendem Text (*refutation text*) und metakonzeptuellen Elementen gezielt zu einer Erweiterung ihrer bisherigen Vorstellungen angeleitet werden und infolgedessen einen Konzeptwechsel im Sinne einer *conceptual reconstruction* durchlaufen (können). Die meisten Konzeptwechseltexte wurden bislang in den Naturwissenschaften konzipiert (z.B. Alparslan et al. 2003; Çakir et al. 2002; Özkan et al. 2004; Yilmaz et al. 2011), wenige existieren zu Mathematik (z.B. Koparan et al. 2010) und Sozialwissenschaften (z.B. Dağdelen und Kösterelioğlu 2015). Hinsichtlich der Fehlvorstellungen werden vor allem fehlerhafte Einzelüberzeugungen, die sich grundsätzlich mit einem Gegenargument widerlegen lassen (vgl. Chi 2013), zum Inhalt von Konzeptwechseltexten gemacht. Der Aufbau des Lehr-Lern-Materials variiert von Studie zu Studie (Beerenwinkel et al. 2011). Das Spektrum reicht von Sachtexten bis zu narrativen Texten (z.B. Çalik et al. 2010b) und kann digital unterstützt werden (Ozkan und Selcuk 2015a; Şahin et al. 2010; Suhandi et al. 2017). Detaillierte Konstruktionsbeschreibungen sind selten (z.B. Başer und Geban 2007b), häufig wird zur Konstruktion nur erwähnt, dass die Texte auf Basis von Roth (1985) oder Posner et al. (1982) konzipiert wurden (z.B. Güreffe et al. 2014). Zielgruppe sind vor allem Schüler/innen (z.B. Al khawaldeh 2007; Önder 2017). Konzeptwechseltexte für Studierende sind seltener (z.B. Özkaya et al. 2006; Özmen und Naseriazar 2018; Sen und Yilmaz 2012; Sendur und Toprak 2013; Yumusak et al. 2015), obwohl das Lehr-Lern-Material bei dieser Probandengruppe als am wirkungsvollsten gilt (Armağan et al. 2017). Drei Studien haben Konzeptwechseltexte für angehende Naturwissenschaftslehrkräfte konzipiert und evaluiert (Aydin 2012, 2017; Çalik et al. 2007). Die Ergebnisse der bisherigen Studien zeigen u.a., dass Konzeptwechseltexte Lernende eher auf den „right path to construct an adequate mental model“ (Mikkilä-Erdmann 2001, S. 246) bringen als gewöhnliche Sachtexte (Beerenwinkel et al. 2011; Guzzetti et al. 1993). Bei Einbindung von Konzeptwechseltexten in Lernumgebungen ergeben sich besonders positive als auch nachhaltige Wirkungen auf die Fehlvorstellungen Lernender (z.B. Başer und Geban 2007a, 2007b; Çalik et al. 2010a). In den Studien von Ozkan und Selcuk (2015b, 2016), Pinarbaşı et al. (2006), Yürük (2007) sowie Durmuş und Bayraktar (2010) konnten positive Effekte im Vergleich zu kontextbasiertem Unterricht, lehrbuchbasiertem Unterricht bzw. Unterricht mit Experimenten gezeigt werden. Positive Tendenzen zeigen sich auch bei Kombination von Konzeptwechseltexten mit z.B. Concept Maps (z.B. Al khawaldeh und Al Olaimat 2010; Tastan et al. 2008; Tekkaya 2003; Uzuntiryaki und Geban 2005), Diskussionsnetzen (Yenilmez und Tekkaya 2006), Animationen, Demonstrationen, Simulationen und/oder Vi-

⁴ Der Begriff *Konzeptwechsel* wird fortan im Sinne einer *conceptual reconstruction* (Krüger 2007), d.h. einer Erweiterung der naiven Vorstellungen, verstanden und verwendet.

deos (Aslan und Demircioğlu 2014; Özmen 2011; Özmen et al. 2009). Hinsichtlich der methodischen Anlage variieren die Forschungsdesigns und Erhebungsinstrumente (vgl. z. B. Çil und Çepni 2016; Keleş et al. 2011). Bei einigen Studien werden kognitive Lernendenmerkmale wie logisches Denken, Interesse, Lesefähigkeit und Vorwissen mit erhoben (z. B. Uzuntiryaki und Geban 2005). Die Eignung des Lehr-Lern-Materials wird über fachliche und fachdidaktische Klärungen von Fachwissenschaftler/innen, Lehrkräften oder Sprachexpert/innen sowie Lesbarkeitstests legitimiert (z. B. Akpınar und Tan 2011; Al khawaldeh 2013).

Wissenschaftliche Mythen zum Thema Gehirn und Lernen (Neuromythen)

Wissenschaftliche Mythen existieren zu verschiedenen Themen der Naturwissenschaften, z. B. Eisengehalt von Spinat, Zusammenhang von Schutzimpfungen und Autismus oder Wirkung der Blutgruppen-Diät (Schaal 2018). Auch die weithin geteilten Fehlvorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften (McComas 1998) können als wissenschaftliche Mythen klassifiziert werden. Definiert werden können wissenschaftliche Mythen in Anlehnung an die Organization for Economic Co-operation and Development (OECD 2002) als eine spezifische Art von Fehlvorstellungen

Tab. 1 Sieben Neuromythen zum Unterthema Lernen und Gedächtnis

Neuromythos	Erläuterung
<i>10%-Gehirnnutzung:</i> Wir nutzen nur 10% unseres Gehirns	Ausgehend davon, dass bildgebende Verfahren zeigen, welche spezifischen Areale des Gehirns in mentale oder physische Handlungen involviert sind, wird bei diesem Neuromythos geschlussfolgert, dass immer nur farbig markierte Gehirnregionen aktiv, grau hinterlegte hingegen vollständig inaktiv sind. Es wird angenommen, dass es einen funktionslosen ‚stillen Cortex‘ gibt, das menschliche Gehirn zu 90% aus funktionslosen Gliazellen besteht und man die ‚Gehirnkapazität‘ steigern kann, um die eigenen mentalen Möglichkeiten besser auszunutzen (z. B. Geake 2008).
<i>Spezifische Speicherorte:</i> Das Gehirn funktioniert ähnlich einer Festplatte. Informationen werden an spezifischen Orten gespeichert	Ausgehend davon, dass es unterschiedliche Rindenfelder des Großhirns gibt, die einer funktionalen Aufgabenteilung unterliegen, wird bei diesem Neuromythos geschlussfolgert, dass sich wie bei einer Landkarte aufzeigen lässt, was sich wo und mit welcher Funktion befindet. Es wird angenommen, dass jedes Rindenfeld des Großhirns als autonomes Zentrum für spezifische Aufgaben fungiert und sich im Gehirn feste Areale für z. B. Mathematik befinden, die man gezielt ansprechen kann (z. B. DAS Mathezentrum) (z. B. Beck 2016).
<i>Effektivität von Brain-Gym:</i> Spiegelverkehrte Koordinationsübungen können die Interaktion von linker und rechter Hirnhälfte verbessern und machen schlau	Ausgehend davon, dass eine Nervenbahnkreuzung jede Gehirnhälfte mit der entgegengesetzten Körperseite verbindet, wird bei diesem Neuromythos geschlussfolgert, dass motorische Probleme bei spiegelverkehrten Koordinationsübungen aus der fehlenden Koordination zwischen den beiden Hirnhälften resultieren und Lernschwierigkeiten durch eine mangelnde Zusammenarbeit zwischen den beiden Hirnhälften entstehen. Es wird angenommen, dass man die Zusammenarbeit der Hirnhälften steigern kann, indem man die Anzahl an synaptischen Verbindungen zwischen ihnen gezielt erhöht, und dass Brain-Gym-Programme helfen, Lernschwierigkeiten von Schüler/innen vorzubeugen, ihr Lernen zu verbessern und Kreativität oder sogar Intelligenz zu steigern (z. B. Howard-Jones 2014; Hyatt 2007).
<i>Existenz von Lerntypen:</i> Man lernt besser, wenn man Informationen nach präferiertem Lerntyp erhält	Ausgehend davon, dass Lernende Präferenzen für einen Modus zeigen, in dem sie Informationen erhalten (visuell oder verbal), wird bei diesem Neuromythos geschlussfolgert, dass es einen auditiven, visuellen, haptischen und intellektuellen Lerntyp (z. B. Lerntypentheorie nach Vester) gibt. Es wird angenommen, dass sich die Lerntypen von Schüler/innen mittels valider Tests bestimmen lassen und man besser lernt, wenn man lerntypengerechtes Lernmaterial erhält (z. B. Lethaby und Harries 2016; Looß 2001; Pashler et al. 2009).
<i>Lernen im Schlaf:</i> Über den akustischen Kanal können im Schlaf gänzlich neue Inhalte gelernt werden	Ausgehend davon, dass nächtliche Umstrukturierungsprozesse im Gehirn (= Konsolidierung) dazu führen können, neue Einsichten zu gewinnen, wird bei diesem Neuromythos geschlussfolgert, dass Schlaf als zusätzliche Lernzeit dienen kann. Dabei wird angenommen, dass man Schlaf gezielt für das Lernen nutzt, wenn man sich akustischen Reizen (z. B. durch Audioaufnahmen mit Vokabellisten) aussetzt (z. B. Lilienfeld et al. 2010).
<i>3. Lebensjahr:</i> Von der Geburt bis zum dritten Lebensjahr sind Lernende am empfänglichsten für Lernprozesse	Ausgehend davon, dass die Wachstumsrate des Gehirns in den ersten Lebensjahren durch einen Anstieg von Nervenzellverbindungen (Synapsen) enorm ist, wird bei diesem Neuromythos von einem Zusammenhang ‚Je mehr Synapsen im Gehirn, desto höher Intelligenz und Lernerfolg‘ ausgegangen. Angenommen wird, dass sich mit zunehmendem Alter die Struktur des Gehirns ausschließlich zum Negativen verändert, das Gehirn eines Erwachsenen schlechter arbeitet als das eines Kindes, und dass in den oben genannten Phasen Einfluss auf die Gehirnentwicklung genommen werden kann und muss (z. B. Bruer 2000; OECD 2002).
<i>Geblocktes Lernen:</i> Man lernt nachhaltiger, wenn man verschiedene Themen systematisch hintereinander statt miteinander vermischt lernt	Ausgehend davon, dass Strukturierung bei der Gestaltung von Unterricht positive Effekte auf das Lernen von Schüler/innen hat, wird bei diesem Neuromythos geschlussfolgert, dass es nachteilig ist, Unterrichtsthemen nicht strukturiert nacheinander zu lehren. Angenommen wird, dass Lernprozesse erleichtert werden müssen, weil schnelles Lernen mit nachhaltigem Lernerfolg einhergeht (z. B. Grospietsch und Mayer 2019).

gen, bei der wissenschaftliche Sachverhalte missverstanden (Fehler 1. Art), Forschungsdaten/-methoden falsch interpretiert (Fehler 2. Art) und/oder wissenschaftliche Aussagen in einem Anwendungszusammenhang (z. B. pädagogische Praxis) fehlerhaft wiedergegeben/rezipiert werden (Fehler 3. Art). Wissenschaftliche Mythen können sowohl von der Öffentlichkeit als auch von Naturwissenschaftler/innen selbst erzeugt werden (Bodenmann 2009), indem Aspekte des wissenschaftlichen Argumentierens sowie der Natur der Naturwissenschaften vernachlässigt werden. Sie können sich schnell verbreiten, sehr robust gegenüber Veränderungen sein und in Anlehnung an Cook und Lewandowsky (2011), Newton und Miah (2017) sowie Schaal (2018) durch folgende Bumerang-Effekte begünstigt und/oder verstärkt werden:

1. Die bloße Erwähnung eines einprägsamen wissenschaftlichen Mythos kann dazu führen, dass dieser langfristig behalten wird (Bumerang-Effekt des Vertrauten).
2. Zu viele wissenschaftliche Argumente gegen einen wissenschaftlichen Mythos können dazu führen, dass der einfach formulierte wissenschaftliche Mythos attraktiver erscheint (Bumerang-Effekt der Informationsüberladung).
3. Bei Personen mit starken Überzeugungen zu einem wissenschaftlichen Mythos kann die Konfrontation mit Gegenargumenten zu einer verzerrten Verarbeitung und – bewusst oder unbewusst – zu einer Verstärkung des wissenschaftlichen Mythos führen (Weltanschauungs-Bumerang-Effekt).

Neuromythen im Speziellen werden von der OECD (2002) definiert als „misconception[s] 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). Als Neuromythen gelten Fehlvorstellungen zu verschiedenen Unterthemen von Gehirn und Lernen wie Lernstörungen (Macdonald et al. 2017) oder Einfluss von Ernährung (Dekker et al. 2012) bzw. Musik (Düvel et al. 2017) auf das Gehirn. In dieser Studie wird auf sieben Neuromythen zum Unterthema Lernen und Gedächtnis fokussiert. Anhand von Tab. 1 wird ersichtlich, dass diese Neuromythen je auf einem ‚wahren‘⁵ Kern, d. h. einem wissenschaftlichen Forschungsergebnis als Ausgangspunkt für die Argumentation, basieren und durch unterschiedliche Fehlschlüsse zu einer fachlich nicht mehr korrekten Folgerung für das Lehren und Lernen werden (= Neuromythos).

⁵ ‚Wahr‘ wird hier in Anführungszeichen gesetzt, weil mit diesem Begriff nicht ausgedrückt werden soll, dass wissenschaftliche Erkenntnisse zweifelsfrei bewiesen werden können (vgl. Natur der Naturwissenschaften).

Die bisherigen Neuromythenstudien⁶ sind vornehmlich quantitativ ausgerichtet und nehmen die Zustimmung von Lehrkräften zu Neuromythen in den Fokus (z. B. Dekker et al. 2012; Ferrero et al. 2016). Zhang et al. (2019) und Horvath et al. (2018) konnten belegen, dass auch Schulleiter/innen sowie mit Preisen ausgezeichnete Lehrkräfte Neuromythen zustimmen. Zahlreiche Studien (z. B. Howard-Jones et al. 2009; Krammer et al. 2019; Ruhaak und Cook 2018; van Dijk und Lane 2018) zeigen, dass Neuromythen auch von angehenden Lehrkräften in hohem Maße zugestimmt wird. Die Ergebnisse von Grospietsch und Mayer (2019), Macdonald et al. (2017) und Im et al. (2018) weisen darauf hin, dass die bloße Teilnahme an neurowissenschaftlichen bzw. psychologischen Lehrveranstaltungen während der universitären Ausbildung die Zustimmung zu Neuromythen nicht in ausreichendem Maß reduziert. Wirkungsvolle Interventionsmaßnahmen sind bislang nur wenige vorhanden (z. B. Grospietsch und Mayer 2018b, 2018c; McCarthy und Frantz 2016).

Ziel, Untersuchungsrahmen und Forschungsfragen der Studie

Ziel der in diesem Beitrag vorgestellten Studie ist es, eine systematische Instruktion mit Konzeptwechsellisten zu Neuromythen zu evaluieren, d. h. Konzeptwechsel und die Schwierigkeiten, die dabei bestehen, zu dokumentieren, und Gelingensbedingungen zu identifizieren, durch die angehende Biologielehrkräfte ihre Fehlvorstellungen revidieren und fachlich angemessene Vorstellungen aufbauen können. Untersuchungsrahmen bildet das oben abgebildete Angebots-Nutzungs-Modell für die universitäre Lehrkräftebildung nach Grospietsch (2019), von dem vier der dargestellten Komponenten (vgl. Abb. 1) für diese Studie zentral sind: Lernvoraussetzungen der Studierenden, universitäres Lernangebot mit Konzeptwechsellisten, Lernaktivitäten (Nutzung des Lernangebots) und Wirkungen (Ertrag des Lernangebots). Diesen vier Untersuchungsschwerpunkten können fünf Forschungsfragen (F1–5) zugeordnet werden (Abb. 3).

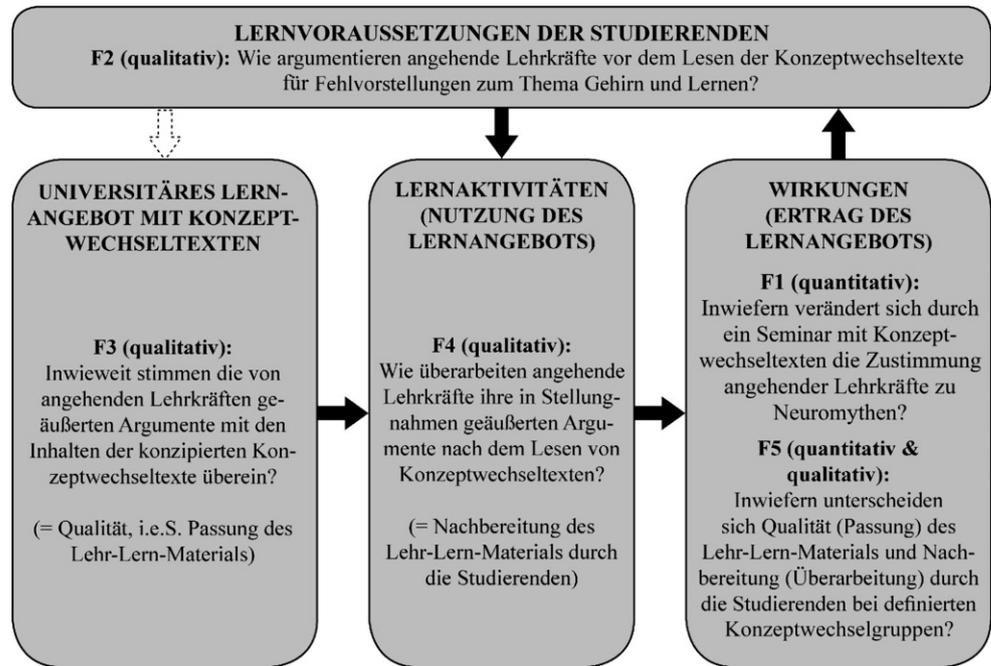
Methodik

Design und Stichprobe

Die Studie ist im Mixed-Model-Design (Gläser-Zikuda et al. 2012) angelegt, d. h. es wurden, wie in Abb. 3 ersichtlich, sowohl qualitative (F2, F3, F4) als auch quantitative Daten (F1) ausgewertet und systematisch miteinander ver-

⁶ Eine Zusammenfassung des Forschungsstands zu Neuromythen bieten Grospietsch und Mayer (2020).

Abb. 3 Darstellung der Forschungsfragen nach Untersuchungsschwerpunkten



schränkt (F5). Die Stichprobe besteht aus 40 Biologielehramtsstudierenden, die sich in zwei aufeinander folgenden Semestern in ein biologiedidaktisches Seminar zum Thema Gehirn und Lernen der Universität Kassel einwählten. Die Probanden sind zu 82,5% weiblich und studieren zu 60% Gymnasial- und zu 40% Haupt- und Realschullehramt. Im Durchschnitt sind die Probanden 24 Jahre alt ($SD=2,41$) und studieren im achten Fachsemester ($SD=1,75$).

Konzeption von Lehrveranstaltung und Konzeptwechseltexten

Die universitäre Lehrveranstaltung zum Thema Gehirn und Lernen basiert auf dem Lehr-Lern-Modell *Professioneller*

Konzeptwechsel (Grospietsch und Mayer 2018a), d. h. sie besteht aus drei konzeptionellen Elementen: (1) Verschachteltes Lehren von pädagogisch-psychologischen, fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Inhalten zum Thema Gehirn und Lernen, (2) Erfahrungen stiften mit Methoden nachhaltigen Lernens, Lernversuchen und neurodidaktischen Prinzipien und (3) Einsatz von Konzeptwechseltexten (Grospietsch und Mayer 2021). Die Konzeption der Lehrveranstaltung umfasst 14 aufeinanderfolgende Sitzungen. Konzeptwechseltexte werden angegliedert an neun inhaltliche Sitzungen, d. h. im Rahmen des Eigenstudiums, bearbeitet. Tab. 2 gibt eine Übersicht über die Inhalte der einzelnen Seminarsitzungen und die Themen der Konzeptwechseltexte.

Tab. 2 Inhalte der Seminarsitzungen und Themen der angegliederten Konzeptwechseltexte

Sitzung	Inhalt	Konzeptwechseltext
1	Organisatorisches	–
2	Mehrspeichermodell des Gedächtnisses	10 %-Gehirnnutzung
3	Bau und Funktion des Gehirns	Spezifische Speicherorte
4	Schülervorstellungen zum Gehirn	Gehirngröße
5	Produktion von Unterrichtsmaterial I	–
6	Lernstrategien und Lernorientierungen	Effektivität von Brain-Gym
7	Gedächtnissysteme und Wissensarten	Existenz von Lerntypen
8	Selbstreguliertes Lernen im Biologieunterricht	Neuroplastizität
9	Produktion von Unterrichtsmaterial II	–
10	Prozessmodell der Gedächtnisbildung	Lernen im Schlaf
11	Zelluläre Mechanismen von Lernen	3. Lebensjahr
12	Lernhilfen und instruktionale Unterstützungen	Geblocktes Lernen
13	Produktion von Unterrichtsmaterial III	–
14	Organisatorisches	–

Tab. 3 Inhalte des Konzeptwechseltextes zum Neuromythos *Effektivität von Brain-Gym*

Fehlschlüsse	Wissenschaftliche Widerlegung
Motorische Probleme bei Überkreuzübungen (z. B. Bewegungen wie linken Arm und rechtes Bein zusammenführen) würden aus der mangelnden Zusammenarbeit zwischen den beiden Hirnhälften resultieren (vgl. Hyatt 2007).	Solche Probleme bei Überkreuzübungen resultieren aus der fehlenden Übung dieser Bewegungen, die allerdings durch Wiederholungen verbessert werden können. Es handelt sich um ein motorisches Problem, kein kognitives der Hirnhälften (Cancela et al. 2015). Solange der Balken, das Nervenband zwischen den Hirnhälften, intakt ist, tauschen diese kontinuierlich und koordiniert Informationen aus (Blais et al. 2018).
Auch Lernschwierigkeiten entstünden durch eine mangelnde Zusammenarbeit zwischen den beiden Gehirnhälften (vgl. Howard-Jones 2014).	Lernschwierigkeiten sind eher auf die unterschiedliche Kapazität des Arbeitsspeichers oder die Verarbeitungsgeschwindigkeit zurückzuführen (Willcutt et al. 2013). Auch die Regulation von Aufmerksamkeit oder motivationale Bedingungen sowie Defizite im Lernstrategiegebrauch können Ursache sein (Creß und Friedrich 2000; Grube und Ricken 2016).
Die Zusammenarbeit der Hirnhälften müsse und könne gesteigert werden, indem man die Anzahl an synaptischen Verbindungen zwischen ihnen gezielt erhöht (vgl. Howard-Jones 2014).	Wo Synapsen entstehen, können wir nicht willentlich beeinflussen und es ist auch nicht so, dass deren Bildung eine Besonderheit darstellt. Neue synaptische Verknüpfungen entstehen bei jedem kognitiven Prozess (Zheng et al. 2013). Intelligentere Menschen können spezifische Neuronen effizienter aktivieren, um ein bestimmtes Problem (besser) zu lösen (Becker 2006). Die Anzahl beanspruchter Synapsen ist somit kein Indikator oder Garant für Lernerfolg (Genç et al. 2018).
Körperliche Koordinationsübungen würden (durch die Verknüpfung von Gehirnzellen) die Interaktion von linker und rechter Hirnhälfte verbessern können (vgl. Dekker et al. 2012).	Koordinationsübungen können lediglich das Fitnessniveau und die Motorik steigern. Kognitive Leistungen wie Lesen und Verstehen oder Kreativität werden dadurch nicht verbessert (Cancela et al. 2015). Sollte es subjektive oder objektive Verbesserungen des Lernens geben, dürften diese wohl eher auf die mit Brain-Gym verbundene Lernpause sowie die Kreislaufaktivierung zurückzuführen sein (Budde et al. 2008).
Mit Brain-Gym-Koordinationsübungen könne man effektiver lernen und kognitive Möglichkeiten optimal ausnutzen (vgl. Becker 2006).	Diese Folgerung für den Unterricht hat keine neurowissenschaftliche oder kognitionspsychologische Evidenz (Neuromythos) (Dekker et al. 2012).

Fehlschlüsse sowie wissenschaftliche Widerlegungen basieren auf Literaturrecherchen und theoretischen Ordnungsversuchen. Quellen, die mit ‚vgl‘ zitiert werden, stellen den Fehlschluss als solchen heraus.

Thematisch geht es in den Konzeptwechseltexten um die sieben in Tab. 1 erläuterten Neuromythen zu Lernen und Gedächtnis. Damit sich die Studierenden nicht darauf einstellen können, dass in den Konzeptwechseltexten ein Neuromythos thematisiert wird, werden zwei Konzeptwechseltexte zu wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen eingestreut (Tab. 2, Sitzung 4 und 8). Die Auswahl der Neuromythen und wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen basiert auf den Ergebnissen einer quantitativen Erhebung bei angehenden Biologielehrkräften (Grospietsch und Mayer 2019). Basis für die Inhalte der Konzeptwechseltexte bildet eine fachliche Klärung (vgl. Kattmann 2007), d. h. eine systematische, methodisch kontrollierte und kritische Untersuchung wissenschaftlicher Termini und Aussagen zu Neuromythen in Vermittlungsabsicht. Tab. 3 zeigt beispielhaft für den Neuromythos *Effektivität von Brain-Gym*, dass in den konzipierten Konzeptwechseltexten nicht nur die fachlich geklärten wissenschaftlichen Widerlegungen (rechts), sondern auch mehrere fachlich geklärte Fehlschlüsse⁷ thematisiert werden (links). Eine überarbeitete Fassung der Konzeptwechseltexte zu Neuromythen ist veröffentlicht in Grospietsch und Mayer (2021).

⁷ Gemeint ist damit, dass bei der fachlichen Klärung theoretische Forschungsbeiträge herangezogen wurden, die beschreiben, welche Fehlschlüsse vermutlich von (angehenden) Lehrkräften hervorgebracht werden.

Ausführungen zu ihrer Konstruktion finden sich in Anhang A.

Jeder Konzeptwechseltext besteht aus drei Elementen: (1) Arbeitsauftrag zum Abruf der eigenen Vorstellungen (= Aufforderung zu einer Stellungnahme), (2) Textelement, das naive Vorstellungen aufgreift und zu mehreren Fehlschlüssen die Unterschiede zu wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen systematisch hervorhebt (Erzeugung eines kognitiven Konflikts durch Kontrastierung) und (3) Arbeitsauftrag zur Erweiterung der bisherigen Vorstellungen, um sich der Unterschiede zwischen naiver und fachlich angemessener Vorstellung bewusst zu werden (= Aufforderung zur Überarbeitung der zu Beginn verfassten Stellungnahme).

Datenerhebung und Instrumente

Die Beteiligung an der Studie war für die Probanden freiwillig, erfolgte unter schriftlicher Einverständniserklärung und über ein pseudonymisiertes Codesystem. Die quantitative Datenerhebung erfolgte mittels Fragebogen (Grospietsch und Mayer 2018c), der über eine vierstufige Likert-Skala (trifft nicht zu/eher nicht zu/eher zu/völlig zu) und durchsetzt mit Items zu wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen die Zustimmung zu elf Neuromythen zu Lernen und Gedächtnis erfasste ($\alpha_{\text{Post}}=0,78$). Er wurde in einem Prä-Post-Follow-Up-Design eingesetzt. Die Testungen erfolgten in Woche 1 und 14 der Lehrveranstaltung (vgl.

Tab. 2) mittels Print-Fragebogen sowie 12 Wochen nach ihrem Abschluss über eine Onlineumfrage (SoSci Survey). Zur Beschreibung der Stichprobe wurden im Prä-Test soziodemografische Daten wie beispielsweise Alter, Geschlecht und Studiengang abgefragt. Durch die offenen Arbeitsaufträge der Konzeptwechselltexte wurden semesterbegleitend (vgl. Tab. 2) qualitative Daten erhoben. Konkret umfassten die Arbeitsaufträge der Konzeptwechselltexte je eine begründete Stellungnahme zu einem Item aus dem genannten Fragebogen (vor dem Lesen) und eine Überarbeitung dieser Stellungnahme (unmittelbar nach Lesen des Textes). Die Arbeitsaufträge der Konzeptwechselltexte wurden wöchentlicher individuell zuhause bearbeitet und eine Woche später pseudonymisiert abgegeben. Der Begriff Neuromythos wurde in den Konzeptwechselltexten, jedoch zu keinem Zeitpunkt im Seminar und bei den quantitativen Testungen erwähnt.

Datenauswertung

Die quantitative Datenauswertung (F1, F5) erfolgte auf Basis der klassischen Testtheorie mit der Software SPSS. Die qualitative Datenauswertung (F2, F3, F4) wurde mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) und der Software MAXQDA2018 durchgeführt. Für die Beantwortung von F5 erfolgte eine systematische Verschränkung der qualitativen Daten zu F3 und F4 mit den quantitativen Daten zu F1 (Mixed-Model-Design). Die Veränderung der Zustimmung angehender Lehrkräfte zu Neuromythen (F1) wurde quantitativ ausgewertet. Mittels einfaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) und anschließenden Bonferroni-korrigierten Post-hoc-Tests wurde

ermittelt, ob/inwiefern sich die Zustimmung zu Neuromythen zu den drei Messzeitpunkten unterscheidet. Weiterhin wurde mittels Friedman-Tests und Dunn-Bonferroni-Post-hoc-Tests der kurzfristige (Prä-Post-Unterschied) und nachhaltige Lernerfolg (Prä-Follow-Up-Unterschied) zu den sieben Neuromythen bestimmt, die in Konzeptwechselltexten thematisiert wurden. Effektstärken (r) wurden nach Rosenthal und DiMatteo (2001) berechnet. Zwecks besserer Vergleichbarkeit mit anderen Neuromythen-Studien wurde die Likert-Skala des Fragebogens nach diesen Analysen in ein zweistufiges Format (Zustimmung/Ablehnung) überführt und je Testzeitpunkt und Neuromythos die prozentuale Zustimmung berechnet. Zusätzlich wurden auf dieser Basis prozentuale Häufigkeiten dazu bestimmt, wie oft über alle Neuromythen hinweg nachhaltige Konzeptwechsel (= Wechsel von Prä-Zustimmung zu Follow-Up-Ablehnung), kurzfristige Konzeptwechsel (= Wechsel von Prä-Zustimmung zu Post-Ablehnung), anhaltende Ablehnungen (= Prä-Ablehnung bleibt über alle Messzeitpunkte konstant), anhaltende Zustimmungen (= Prä-Zustimmung bleibt über die Messzeitpunkte konstant) oder verstärkte Zustimmungen (= Prä-Ablehnung verändert sich über einen oder mehrere Messzeitpunkte zu Zustimmung) initiiert wurden.⁸ Zu Forschungsfrage 2 wurden die Stellungnahmen der Studierenden vor Lesen der sieben Konzeptwechselltexte zu Neuromythen (= Antworten auf Arbeitsauftrag 1) mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Ziel war es, inhaltliche Argumente für die sieben Neuromythen zu identifizieren, über Kategorien zu konzeptualisieren und darüber die Argumentation der Studierenden für die Fehlvorstellungen detailliert zu beschreiben. Auf Basis der oben genannten fachlichen Klärung (Katt-

Tab. 4 Kategoriensystem zur Untersuchung der Stellungnahmen vor Lesen der Konzeptwechselltexte mit Definitionen und Ankerbeispielen zum Neuromythos *Effektivität von Brain-Gym*

Haupt-/Unterkategorie	Definition	Ankerbeispiele (Fundstelle)	
Fachlich nicht angemessene Argumente	neurowissenschaftlich	Argument für den Neuromythos, das mit neurowissenschaftlichen Fachbegriffen begründet wird (z. B. Neuron, Hirnhälften)	„Ja, dadurch wird das Zusammenwirken von linker und rechter Hirnhälfte nötig.“ (Text 4, Student, 21 Jahre)
	kognitionspsychologisch	Argument für den Neuromythos, das mit kognitionspsychologischen Fachbegriffen begründet wird (z. B. Motivation, Kurzzeitgedächtnis)	Für Brain-Gym nicht genannt
Subjektivbiografische Argumente	quellenbasiert	Argument für den Neuromythos, in dem konkrete Quellen angeführt werden	„Habe ich schon oft gehört z. B. im Fitnessstudio.“ (Text 4, Studentin, 21 Jahre)
	erfahrungsbasiert	Argument für den Neuromythos, das mit eigenen Erfahrungen und/oder erfahrbaren Dingen begründet wird	„Davon bin ich fest überzeugt, da ich diesen Sachverhalt am eigenen Leib gespürt habe.“ (Text 4, Studentin, 24 Jahre)

⁸ Mit den beschriebenen Gruppen werden die Pfade *Zustimmung-Zustimmung-Ablehnung* und *Zustimmung-Ablehnung-Ablehnung* zu *nachhaltiger Konzeptwechsel* sowie *Ablehnung-Zustimmung-Zustimmung*, *Ablehnung-Zustimmung-Ablehnung* und *Ablehnung-Ablehnung-Zustimmung* zu *verstärkte Zustimmung* zusammengefasst.

mann 2007) konnten deduktiv zwei formale Hauptkategorien mit je zwei inhaltlichen Unterkategorien gebildet werden: (1) fachlich nicht angemessene Argumente (neurowissenschaftlich, kognitionspsychologisch) und (2) subjektiv-biografische Argumente (quellenbasiert, erfahrungsbasiert). Tab. 4 zeigt Definitionen und Ankerbeispiele.

Zur Beschreibung struktureller Merkmale wurde der Inhalt eines jeden auf Ebene der Unterkategorien codierten Arguments (siehe Ankerbeispiele in Tab. 4) mit den Inhalten des zugehörigen Konzeptwechselltextes (siehe Beispiel in Tab. 3) abgeglichen und codiert, ob das spezifische Argument (z. B. Quelle *Fitnessstudio*) im Konzeptwechselltext thematisiert wird oder nicht. Eine Gegencodierung umfasste 30 % des Datenmaterials. Die Übereinstimmung zwischen zwei unabhängigen Codierenden lag bei $\kappa = 0,95$ (Unterkategorien) bzw. $\kappa = 0,88$ (strukturelle Merkmale), was von Landis und Koch (1977) als fast perfekt bezeichnet wird. Um zu ermitteln, wie hoch die Passung zwischen den von angehenden Lehrkräften geäußerten Argumenten für Neuromythen und den Inhalten der konzipierten Konzeptwechselltexte ist (Forschungsfrage 3), wurden die qualitativen Daten zu Forschungsfrage 2 quantifizierend ausgewertet. Berechnet wurde je Neuromythos das prozentuale Verhältnis von Argumenten der Studierenden, die im Konzeptwechselltext thematisiert werden, zur Gesamtzahl aller von den Studierenden geäußerten Argumente. Forschungsfrage 4 wurde mittels skalierender qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Dabei wurden die Überarbeitungen der von den Studierenden verfassten Stellungnahmen nach Lesen der Konzeptwechselltexte (= Antworten auf Arbeitsauftrag 2) betrachtet. Ziel war es, unterschiedliche Niveaus dafür zu bestimmen, wie die angehenden Lehrkräfte ihre in Stellungnahmen geäußerten Argumente nach dem Lesen des Textelements überarbeiten. Induktiv wurden folgende sechs Kategorien (= Nachbereitungsniveaus) gebildet:

- Niveau 0 – Fehlende Überarbeitung
- Niveau 1 – Deskriptive Beschreibung der Informationen des Textelements
- Niveau 2 – (Re-)Positionierung mit deskriptiver Beschreibung der Informationen des Textelements
- Niveau 3 – Analytische Auseinandersetzung mit den Informationen des Textelements
- Niveau 4 – Bewertung von Informationen des Textelements und eigenen Argumenten
- Niveau 5 – Selbstreflektiertes Überarbeiten von Defiziten der eigenen Argumente

Definitionen und Ankerbeispiele finden sich in Tab. 8 im Anhang B. Die Übereinstimmung zwischen zwei Codierenden lag für 30 % des Datenmaterials bei $\kappa = 0,95$, was als fast perfekte Übereinstimmung (Landis und Koch 1977) interpretiert werden kann. Zur Beantwortung von Forschungsfrage 5 erfolgte eine systematische Verschrän-

kung der quantitativen Daten zur Veränderung der Zustimmung angehender Lehrkräfte zu Neuromythen (F1) mit den qualitativen Daten zur Qualität (Passung) des Lehr-Lern-Materials (F3) sowie den qualitativen Daten zur Nachbereitung der Konzeptwechselltexte (Überarbeitung) durch die Studierenden (F4). Hierzu wurden Passung und Nachbereitungsniveau für jeden der 280 Fälle (40 Studierende \times 7 Konzeptwechselltexte) bestimmt. Die Fälle wurden in die fünf oben definierten Konzeptwechselgruppen (nachhaltiger Konzeptwechsel, kurzfristiger Konzeptwechsel, anhaltende Ablehnung, anhaltende Zustimmung und verstärkte Zustimmung) eingeteilt und mittels Kruskal-Wallis-Tests auf Unterschiede bzgl. Passung und Nachbereitungsniveau geprüft. Das Signifikanzniveau wurde bei allen quantitativen Analysen auf $p \leq 0,05$ gesetzt.

Ergebnisse

Veränderung der Zustimmung angehender Biologielehrkräfte zu Neuromythen (F1)

Eine Varianzanalyse mit Messwiederholungen (ANOVA) ergibt, dass sich die Zustimmung zu Neuromythen zu den drei Testzeitpunkten signifikant unterscheidet: $F(2,76) = 156,40$; $p \leq 0,001$; $\eta_p^2 = 0,805$; $n = 39$. Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche zeigen, dass die Zustimmung im Prä-Test höchstsignifikant stärker ist ($M = 2,90$; $SD = 0,30$) als im Post- ($M = 1,95$; $SD = 0,32$) und Follow-Up-Test ($M = 2,10$; $SD = 0,41$). Zwischen der Zustimmung in Post- und Follow-Up-Test existiert ebenfalls ein signifikanter ($p = 0,025$) Unterschied. Tab. 5 zeigt die prozentuale Zustimmung zu den sieben Neuromythen, die in Konzeptwechselltexten behandelt wurden. Die Zustimmung nimmt bei allen sieben Neuromythen zum Post-Test ab. Auch im Follow-Up-Test sind die Zustimmungen alle niedriger als im Prä-Test. In einigen Fällen ist die Zustimmung gegenüber dem Post-Test wieder erhöht.

Friedman-Tests ergeben zu allen sieben Neuromythen signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten. In Tab. 5 werden die Ergebnisse der zugehörigen Dunn-Bonferroni-Post-hoc-Tests präsentiert (Prä-Post sowie Prä-Follow-Up). Die Effektstärken des Prä-Post-Vergleichs liegen bei $0,289 \leq r \leq 0,667$, die des Prä-Follow-Up-Vergleichs bei $0,019 \leq r \leq 0,641$ und sind nach Cohen (1988) v. a. mittel bis hoch ausgeprägt.

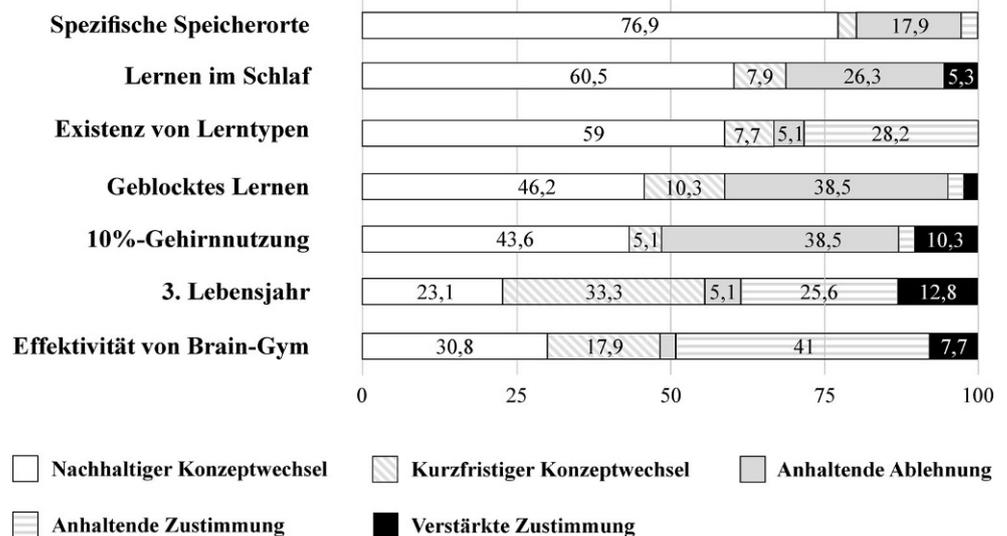
Die Einteilung der 280 untersuchten Fälle (40 Studierende \times 7 Konzeptwechselltexte) in Konzeptwechselgruppen ergibt über alle Neuromythen hinweg, dass zu 48,5 % nachhaltige Konzeptwechsel (= Wechsel von Prä-Zustimmung zu Follow-Up-Ablehnung), zu 12,1 % kurzfristige Konzeptwechsel (= Wechsel von Prä-Zustimmung zu Post-Ablehnung), zu 19,1 % anhaltende Ablehnungen (= Prä-Ableh-

Tab. 5 Prozentuale Zustimmung zu den sieben in Konzeptwechsellisten behandelten Neuromythen (*links*) und Ergebnisse der Dunn-Bonferroni-Post-hoc-Tests zu Friedman-Tests (*rechts*)

Neuromythos	Zustimmung (%)			MZP	z	p	r
	Prä	Post	FU				
Spezifische Speicherorte	83	5	5	Prä-Post	5,89	≤0,001	0,667
				Prä-FU	5,66	≤0,001	0,641
Lernen im Schlaf	68	3	13	Prä-Post	5,68	≤0,001	0,643
				Prä-FU	4,65	≤0,001	0,526
Existenz von Lerntypen	95	38	36	Prä-Post	5,04	≤0,001	0,571
				Prä-FU	4,81	≤0,001	0,545
Geblocktes Lernen	58	3	15	Prä-Post	5,04	≤0,001	0,571
				Prä-FU	3,62	0,001	0,410
10%-Gehirnnutzung	48	10	13	Prä-Post	4,13	≤0,001	0,468
				Prä-FU	3,85	≤0,001	0,436
3. Lebensjahr	78	38	69	Prä-Post	3,91	≤0,001	0,442
				Prä-FU	0,17	1,00	0,019
Effektivität von Brain-Gym	90	55	64	Prä-Post	2,55	0,033	0,289
				Prä-FU	2,21	0,082	0,250

Die Sortierung der Neuromythen erfolgt nach Höhe der Effektstärken

Abb. 4 Prozentuale Verteilung auf die fünf Konzeptwechselgruppen je Neuromythos (fehlende Datenbeschriftungen entsprechen dem Wert 2,6; Sortierung der Neuromythen wie in Tab. 5)



nung bleibt über alle Messzeitpunkte konstant), zu 14,7% anhaltende Zustimmungen (= Prä-Zustimmung bleibt über die Messzeitpunkte konstant) und zu 5,5% verstärkte Zustimmungen (= Prä-Ablehnung verändert sich über einen oder mehrere Messzeitpunkte zu Zustimmung) initiiert werden konnten. Abb. 4 zeigt die prozentuale Verteilung auf die Konzeptwechselgruppen für die einzelnen Neuromythen.

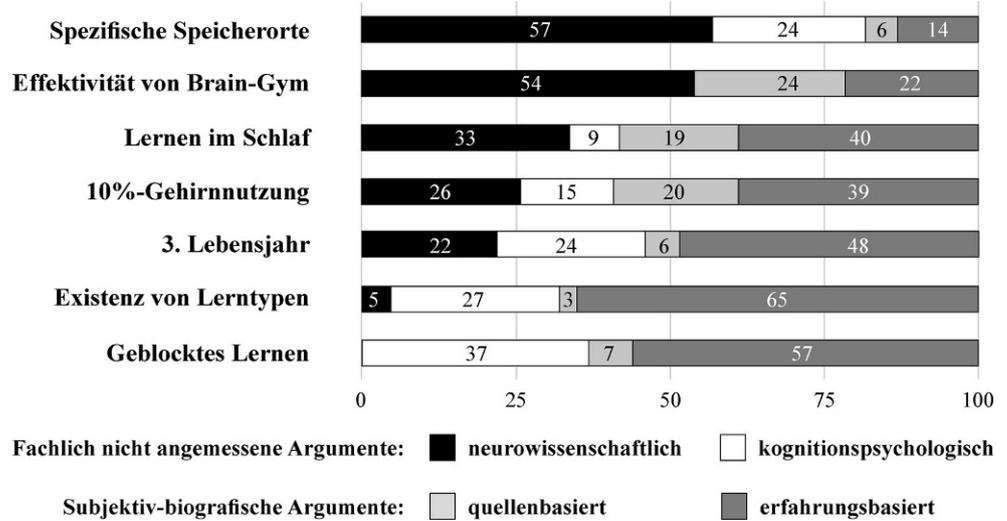
Argumentation angehender Lehrkräfte für Neuromythen (F2)

Insgesamt konnten 445 Argumente für die sieben Neuromythen codiert werden. Abb. 5 zeigt je Neuromythos, zu welchem Anteil diese Argumente fachlich nicht angemessen (neurowissenschaftlich oder kognitionspsychologisch)

bzw. subjektiv-biografisch (quellenbasiert oder erfahrungsbasiert) begründet werden.

Wie in Abb. 5 ersichtlich, unterscheidet sich die Verteilung der Argumente auf die Unterkategorien von Neuromythos zu Neuromythos. Insgesamt zeigt sich, dass die Studierenden vor dem Lesen von Konzeptwechsellisten sowohl fachlich, d. h. neurowissenschaftlich und kognitionspsychologisch, nicht angemessen als auch subjektiv-biografisch, d. h. mit konkreten Quellen oder Erfahrungen, argumentieren. Bei fünf von sieben Neuromythen werden am häufigsten erfahrungsbasierte Argumente geäußert. Auch die Häufigkeiten der fachlich nicht angemessenen Argumente unterscheiden sich. Bei einigen Neuromythen wird eher neurowissenschaftlich, bei anderen eher kognitionspsychologisch nicht angemessen argumentiert.

Abb. 5 Prozentuale Verteilung der Argumente für Neuromythen auf die vier Unterkategorien (Sortierung der Neuromythen folgt den Häufigkeiten fachlich nicht angemessener Argumente)



Tab. 6 Prozentuale Übereinstimmung zwischen den geäußerten Argumenten für Neuromythen (vor dem Lesen) und den Inhalten der konzipierten Konzeptwechselltexte (= Passung)

Qualität der angebotenen Konzeptwechselltexte	10%-Gehirnnutzung	Spezifische Speicherorte	Effektivität von Brain-Gym	Existenz von Lerntypen	Lernen im Schlaf	3. Lebensjahr	Geblocktes Lernen
Passung insgesamt (%)	46	75	76	61	49	40	37
<i>Passung mit den fachlich nicht angemessenen Argumenten (%):</i>							
Neurowissenschaftlich	53	66	85	33	100	73	–
Kognitionspsychologisch	0	75	–	83	0	38	24
<i>Passung mit den subjektiv-biografischen Argumenten (%):</i>							
Quellenbasiert	77	100	41	0	50	50	67
Erfahrungsbasiert	42	100	94	56	18	25	42

Sortierung der Neuromythen in Reihenfolge ihrer Thematisierung im Seminarverlauf

Qualität (Passung) des Lehr-Lern-Materials (Konzeptwechselltexte) (F3 + F5)

Insgesamt stimmen 54% der von angehenden Lehrkräften geäußerten Argumente für Neuromythen mit den Inhalten der konzipierten Konzeptwechselltexte überein. In Tab. 6 wird die Passung des Lehr-Lern-Materials für jeden einzelnen Neuromythos präsentiert. Die insgesamt höchste Passung zeigt sich bei den Neuromythen *Effektivität von Brain-Gym* und *Spezifische Speicherorte*, die geringste Passung bei *Geblocktes Lernen* und *3. Lebensjahr*. In Bezug auf einzelne Unterkategorien gibt es bei einigen Konzeptwechselltexten eine vollständige Passung. Bei anderen Unterkategorien bleibt eine Passung vollständig aus. 46% der von Studierenden geäußerten Argumente werden nicht in den konzipierten Konzeptwechselltexten thematisiert. Sie verteilen sich zu 49% auf erfahrungsbasierte, zu 24% auf kognitionspsychologisch nicht angemessene, zu 16% auf neurowissenschaftlich nicht angemessene und zu 11% auf quellenbasierte Argumente.

In Bezug auf die definierten Konzeptwechselgruppen ist die Passung bei *Nachhaltiger Konzeptwechsel*, *anhaltende*

Ablehnung und *anhaltende Zustimmung* mit einem Median von 67 höher als bei *Kurzfristiger Konzeptwechsel* und *Verstärkte Zustimmung* ($Mdn = 50$). Ein Kruskal-Wallis-Test ergibt, dass sich die Qualität (Passung) des Lehr-Lern-Materials bei den fünf Konzeptwechselgruppen nicht signifikant unterscheidet ($\chi^2(4) = 0,89; p = 0,926$). Auch bei Unterteilung nach Neuromythen wird kein Kruskal-Wallis-Test signifikant ($0,265 \leq p \leq 0,867$).

Lernaktivitäten der Studierenden (Nachbereitungsniveau) (F4 + F5)

Die Lernaktivitäten der Studierenden nach Lesen der Konzeptwechselltexte, d.h. ihre Überarbeitungen zu verfassten Stellungnahmen (= Arbeitsauftrag 2), bewegen sich auf unterschiedlichen Nachbereitungsniveaus (Tab. 7). Insgesamt ist die Nachbereitung der Konzeptwechselltexte auf Niveau 1 am häufigsten, gefolgt von Niveau 3, 4 und 2. Am seltensten werden von den Studierenden Niveau 0 und 5 erreicht. In Bezug auf die einzelnen Konzeptwechselltexte bestehen Unterschiede. Bei *10%-Gehirnnutzung* ist Niveau 5 am häufigsten, bei *Spezifische Speicherorte* und *Geblocktes*

Tab. 7 Prozentuale Verteilung zu erreichten Nachbereitungsniveaus

Lernaktivitäten der Studierenden	Nachbereitungsniveau (%)					
	0	1	2	3	4	5
Insgesamt	5	31	17	21	18	8
10%-Gehirnnutzung	7,5	17,5	12,5	12,5	20	30
Spezifische Speicherorte	7,5	22,5	17,5	30	15	7,5
Effektivität von Brain-Gym	7,5	37,5	12,5	10	30	2,5
Existenz von Lerntypen	–	35	22,5	20	20	2,5
Lernen im Schlaf	5,0	30	20	15	22,5	7,5
3. Lebensjahr	2,5	47,5	15	27,5	7,5	–
Geblocktes Lernen	7,5	25	17,5	35	12,5	2,5

Sortierung der Neuromythen in Reihenfolge ihrer Thematisierung im Seminarverlauf

Lernen Niveau 3. Bei *Effektivität von Brain-Gym*, *Existenz von Lerntypen*, *Lernen im Schlaf* und *3. Lebensjahr* bereitet die Mehrzahl der Studierenden den Konzeptwechseltext auf Niveau 1 nach. Nur bei *Existenz von Lerntypen* wird von allen Studierenden eine Überarbeitung der Stellungnahmen vorgenommen, bei allen anderen Konzeptwechseltexten bleibt eine Nachbereitung vereinzelt aus (= Niveau 0). Das von den Studierenden erreichte Nachbereitungsniveau ist bei *10%-Gehirnnutzung* am höchsten ($Mdn=3,5$), bei *3. Lebensjahr* am niedrigsten ausgeprägt ($Mdn=1,5$). Bei den übrigen Konzeptwechseltexten liegt der Median zwischen 2 und 3. Über alle Texte ergibt sich ein Überarbeitungsniveau von $Mdn=2$.

In Bezug auf die definierten Konzeptwechselgruppen liegt das erreichte Überarbeitungsniveau bis auf eine Ausnahme bei $Mdn=2$. Bei der Gruppe *Nachhaltiger Konzeptwechsel* beläuft es sich auf $Mdn=3$. Ein Kruskal-Wallis-Test ergibt, dass sich die Nachbereitung (Überarbeitung) durch die Studierenden bei den fünf Konzeptwechselgruppen nicht signifikant unterscheidet ($\text{Chi-Quadrat}(4)=4,57$; $p=0,334$). Auch bei Unterteilung nach Neuromythen wird kein Kruskal-Wallis-Test signifikant ($0,206 \leq p \leq 0,923$).

Diskussion

Ertrag des Seminars mit Konzeptwechseltexten

Wie in bisherigen Studien zu angehenden Lehrkräften (Aydin 2012, 2017; Çalik et al. 2007; Prinz et al. 2018) haben auch die Probanden der vorliegenden Studie Fehlvorstellungen zu einem Thema, das sie später selbst im Unterricht an Schüler/innen vermitteln können müssen. Die Zustimmung der Studierenden zu Neuromythen ist vor dem Seminar mit Konzeptwechseltexten ähnlich hoch ausgeprägt wie in den Studien von Im et al. (2018), Krammer et al. (2019), Papadatou-Pastou et al. (2017) sowie van Dijk und Lane (2018) und nahezu identisch mit den Ergebnissen einer umfassenderen Erhebung von Grospietsch und Mayer (2019) ($N=550$). Die qualitativen Ergebnisse zu Forschungsfrage 2

stützen durch dokumentierte Argumente für Neuromythen die Annahme, dass sich hinter dieser Zustimmung Fehlvorstellungen verbergen. In Hinblick auf das Modell professioneller Handlungskompetenz (Baumert und Kunter 2006) und die Tatsache, dass das Thema Gehirn und Lernen von Biologielehrkräften nicht nur als Unterrichtsinhalt behandelt wird (z.B. Dierkes 2019; Roth 2014), sondern auch für die Anleitung der Lernprozesse ihrer Schüler/innen relevant ist (vgl. KMK 2019), sind die Vorstellungen angehender Lehrkräfte zu Beginn des Seminars als defizitär zu beschreiben. Fünf von sieben Neuromythen (vgl. Tab. 1) lassen sich durch Fachwissen zu Themen widerlegen, die Biologielehrkräfte im Unterricht vermitteln können müssen (z.B. Bau und Funktion des Gehirns, Langzeitpotenzierung; vgl. z.B. Becker et al. 2017). Die Widerlegung von zwei Neuromythen basiert auf kognitionspsychologischen Konzepten, die essentiell sind, um Lernprozesse von Schüler/innen zu verstehen (z.B. vertiefte Verarbeitung, kognitive Aktivierung; vgl. z.B. Urhahne et al. 2019).

Die Evaluationsergebnisse zum Seminar mit Konzeptwechseltexten zeigen insgesamt, dass die durchgeführte Instruktion eine Reduzierung der Zustimmung zu Fehlvorstellungen bewirken konnte. Dies bestärkt die Ergebnisse früherer Studien, die den Einsatz von Konzeptwechseltexten bei Studierenden untersuchten (Özkaya et al. 2006; Özmen und Naseriazar 2018; Pinarbaşı et al. 2006; Sen und Yilmaz 2012; Sendur und Toprak 2013; Yumusak et al. 2015). Auf Basis der Ergebnisse dieser Studie kann jedoch keine Aussage darüber getroffen werden, ob diese reduzierte Zustimmung allein durch die eingesetzten Konzeptwechseltexte oder die Kombination mit den Lehrveranstaltungselementen *Verschachteltes Lehren von pädagogisch-psychologischen, fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Inhalten zum Thema Gehirn und Lernen* und *Erfahrungen stiften mit Methoden nachhaltigen Lernens, Lernversuchen und neurodidaktischen Prinzipien* zustande kommt. Stützend für die Rückführung des Ertrags auf die Konzeptwechseltexte kann angeführt werden, dass sich die anderen zwei Seminarelemente in der Kombination mit Reflexionsaufträgen zu Seminarinhalten in einer weiteren Studie der Autorin

und des Autors nicht als ausreichend erwiesen, um die Zustimmung zu Neuromythen zu reduzieren (Grospietsch und Mayer 2018b). Dennoch sind die Ergebnisse dieser Studie im Prä-Post-Follow-Up-Design mittels Neuromythen-Fragebogen ohne Kontrollgruppe v. a. ein Beleg für den positiven Ertrag einer Seminarkonzeption mit Konzeptwechselltexten. Besonders zu betonen ist unter den Ergebnissen die Nachhaltigkeit des Lernerfolgs, der durch das Lernangebot initiiert werden konnte. Bei vergleichbaren Studien vergingen zwischen Instruktion und Follow-Up-Test drei bis vier Wochen (z. B. Al khawaldeh 2007; Çalik et al. 2010b; Yilmaz et al. 2011) bis maximal dreizehn Wochen (Durmuş und Bayraktar 2010). In der vorliegenden Studie vergingen bereits zwischen dem Lesen des ersten Konzeptwechselltextes (10%-Gehirnnutzung) und dem Post-Test zwölf Wochen. Bis zum Follow-Up-Test verstrichen sogar rund sechs Monate. Darauf, dass sich bei Einbindung von Konzeptwechselltexten in Lernumgebungen besonders nachhaltige Effekte abbilden, deuten auch Studien wie die von Başer und Geban (2007a, 2007b) sowie Çalik et al. (2010a) hin.

Im Gegensatz zu bisherigen Studien wurden in der vorliegenden Studie nicht fehlerhafte Einzelüberzeugungen (vgl. Chi 2013), sondern wissenschaftliche Mythen zum Untersuchungsgegenstand und Inhalt der Konzeptwechselltexte gemacht. Die Ergebnisse legen nahe, dass Konzeptwechselltexte auch zu derart komplexen Fehlvorstellungen konzipiert werden und bei Einbindung in universitäre Lehrveranstaltungen einen positiven Ertrag erzielen können. Die präsentierten Effektstärken zum kurzfristigen Lernerfolg (Prä-Post-Unterschied) liegen mit nur einer Ausnahme (*Effektivität von Brain-Gym*), zum nachhaltigen Lernerfolg (Prä-Follow-Up-Unterschied) mit zwei Ausnahmen (*Effektivität von Brain-Gym* und *3. Lebensjahr*) im mittleren bis hohen Bereich. Die Ergebnisse in Tab. 5 zeigen, dass die Effektstärken nicht durch die Höhe der Zustimmung im Prä-Test, also durch das hohe oder niedrige ‚Potenzial‘ einen Konzeptwechsel durchlaufen zu können, bestimmt sind. Auch ein Reihenfolgeeffekt, nach dem am Ende des Seminars thematisierte Neuromythen höhere Effektstärken aufweisen würden, lässt sich nicht feststellen. Ausgehend von den Befunden früherer Konzeptwechselltext-Studien kann angenommen werden, dass die Effektstärken hätten weiter erhöht werden können, wenn die Konzeptwechselltexte mit anderen (Konzeptwechsel-)Instruktionen kombiniert (vgl. z. B. Aslan und Demircioğlu 2014; Taş et al. 2015; Tekkaya 2003), in der Lehrveranstaltung weiter thematisiert bzw. diskutiert (vgl. z. B. Al khawaldeh und Al Olaimat 2010; Guzzetti 2000) oder das Lehr-Lern-Material methodisch mit den Studierenden worden wären (vgl. z. B. Akpınar und Tan 2011).

Die Ergebnisse zur Einteilung aller 280 untersuchten Fälle (40 Studierende \times 7 Konzeptwechselltexte) in fünf Konzeptwechselgruppen sind deskriptiv und interpreta-

tiv zu verstehen. Sie sollen nur als Indiz dafür gelten, dass durch Instruktionen mit Konzeptwechselltexten nicht zwangsläufig nachhaltige und kurzfristige Konzeptwechsel sowie anhaltende Ablehnungen initiiert werden. In den präsentierten Daten gibt es Fälle, bei denen die Zustimmung zu Neuromythen trotz Instruktion anhält oder sich sogar verstärkt. Dass einige Probanden zu den in Konzeptwechselltexten behandelten Fehlvorstellungen keine Zustimmungsänderung durchlaufen, die wir als Konzeptwechsel interpretieren, oder langfristig zu ihren ursprünglichen Vorstellungen zurückkehren, ist erwartungskonform. Derartige Entwicklungsverläufe sind auch in den Studien von Durmuş und Bayraktar (2010), Çalik et al. (2007), Sungur et al. (2001) und vielen weiteren dokumentiert worden. Beerenwinkel et al. (2011) erklären, dass man nicht erwarten kann, dass durch Lesen eines einzigen Konzeptwechselltextes bei jedem Lernenden (langanhaltende) Konzeptwechsel initiiert werden. Fehlvorstellungen von Lernenden lassen sich, wie aus der Konzeptwechselforschung hinreichend bekannt ist (vgl. z. B. Vosniadou 2013), nicht einfach gegen fachlich angemessene Vorstellungen austauschen und können sehr robust gegenüber Veränderungen sein. Das Ergebnis, dass die Zustimmung zu Neuromythen in 5% der Fälle zunimmt, bekräftigt die Warnungen von Newton und Miah (2017), dass Widerlegungen zu Bumerang-Effekten (vgl. Cook und Lewandowsky 2011) führen können. Trotz des Versuchs, drei Bumerang-Effekte bei der Gestaltung der Konzeptwechselltexte gezielt zu berücksichtigen (vgl. Anhang A), kann der widerlegende Charakter des Lehr-Lern-Materials per se dazu geführt haben, dass wissenschaftliche Mythen langfristig eingespeichert, ihrer Einfachheit halber bevorzugt, verzerrt verarbeitet und/oder – bewusst oder unbewusst – verteidigt bzw. verstärkt wurden. Die insgesamt sehr hohen Fallzahlen bzgl. reduzierter Zustimmung zu Neuromythen weisen dennoch auf einen Mehrwert von Seminaren mit Konzeptwechselltexten für die universitäre Lehrkräftebildung hin.

Lernangebot – Argumentation für Neuromythen und Passung der Konzeptwechselltexte

Die qualitativen Ergebnisse der hier beschriebenen Studie (Forschungsfrage 2) zeigen, dass es sich bei Neuromythen nicht einfach um fehlerhaft rezipierte neurowissenschaftliche Forschungsbefunde (vgl. OECD 2002), sondern um komplexe Fehlvorstellungen handelt. Entgegen unserer aus theoretischen Forschungsbeiträgen zu Neuromythen abgeleiteten Hypothese, argumentieren die angehenden Biologielehrkräfte nicht nur mit neurowissenschaftlich und kognitionspsychologisch nicht angemessenen Argumenten für ihre Fehlvorstellungen. Wie aus Abb. 5 ersichtlich, werden Argumente für Neuromythen auch mit konkreten Quellen und Erfahrungen begründet. Unklar bleibt auf Basis dieser

Studie, ob diese subjektiv-biografischen Argumente durch Überzeugungen oder einen Mangel an Professionswissen zustande kommen. Betrachtet man die Ergebnisse zu den einzelnen Neuomythen nach Reihenfolge ihrer Thematisierung im Seminarverlauf, dann scheinen subjektiv-biografische Argumente trotz Zunahme der behandelten Seminarinhalte und einem potenziellen Wissenszuwachs nicht abzunehmen. Bei sechs von sieben Neuomythen dominieren subjektiv-biografische gegenüber fachlich nicht angemessenen Argumenten. Anders als erwartet, bilden sich auch die Häufigkeiten zu neurowissenschaftlich nicht angemessenen Argumenten ab. Zu drei von sieben Konzeptwechsellisten werden weniger neurowissenschaftliche als kognitionspsychologische Argumente für Neuomythen genannt. Beide beschriebenen Ergebnisse können Erklärungsansätze dafür liefern, warum Interventionen, die vorwiegend auf die Vermittlung von neurowissenschaftlichen (z. B. Macdonald et al. 2017) oder psychologischen Inhalten (z. B. Im et al. 2018) ausgerichtet sind, wirkungslos bleiben. Erstens scheint, entgegen der im Forschungsdiskurs zu Neuomythen weit verbreiteten Forderung nach mehr Neurowissenschaft in der Lehrkräftebildung (z. B. Papadatou-Pastou et al. 2017), Wissen aus zwei Domänen (Neurowissenschaft und Kognitionspsychologie) erforderlich zu sein, um Neuomythen kritisch begegnen zu können. Zweitens werden Quellen und Erfahrungen, mit denen angehende Lehrkräfte ihre Zustimmung zu Neuomythen stützen, bislang nur selten in Interventionen einbezogen (z. B. Grospietsch und Mayer 2018b, 2018c). Gerade erfahrungsbasierte Argumente, die sich aus beobachtbaren Zusammenhängen ableiten und ein Bedürfnis nach Kohärenz zwischen dem alltäglichen Leben und wissenschaftlichen Erkenntnissen befriedigen, können Neuomythen, analog zu Alltagsvorstellungen von Schüler/innen (vgl. z. B. Kattmann 2015; Schecker et al. 2018), sehr robust gegenüber Veränderungen machen. Ob die komplexe Zusammensetzung aus fachlich nicht angemessenen und subjektiv-biografischen Argumenten generelles Kennzeichen von wissenschaftlichen Mythen ist, muss sich in Folgestudien erweisen. Die Ergebnisse zur Passung des Lehr-Lern-Materials (Forschungsfrage 3) zeigen, dass die von angehenden Lehrkräften geäußerten Argumente für Neuomythen (vgl. Passung insgesamt in Tab. 6) zu mindestens 37 und höchstens 76 % mit den Inhalten der auf Basis einer fachlichen Klärung (vgl. Kattmann 2007) gestalteten Konzeptwechsellisten übereinstimmen. Auch wenn die inhaltliche Beschreibung von Argumenten für einzelne Neuomythen nicht das Ziel dieser Studie war, zeigt bereits dieses Ergebnis, dass Argumente angehender Lehrkräfte für Neuomythen breiter gestreut sind als in der Literatur zu Neuomythen (z. B. Hyatt 2007; Lethaby und Harries 2016) angenommen und propagiert wird. Um zu überprüfen, ob sich hinter Zustimmungen zu Neuomythen tatsächlich Fehlvorstellungen verbergen, und Interventionen pass-

genau auf die Bedürfnisse (angehender) Lehrkräfte abzustimmen, scheinen qualitative Studien bzw. Forschungsfragen zu Neuomythen unumgänglich. In dieser Studie konnte diesbezüglich ein Anfang gemacht werden. Die Ergebnisse zur Passung zeigen, dass in den für diese Studie konzipierten Konzeptwechsellisten insbesondere kognitionspsychologische und erfahrungsbasierte Argumente für Neuomythen noch nicht ausreichend thematisiert werden.

Vor dem Hintergrund des Angebots-Nutzungs-Modells für die universitäre Lehrkräftebildung nach Grospietsch (2019) wurde in der vorliegenden Studie angenommen, dass die Berücksichtigung der Studierendenvorstellungen bei der Konstruktion eines Lernangebots seine Qualität und dadurch letztlich als Ertrag auch die Zustimmung zu Neuomythen beeinflusst. Es wurde eine quantitative Erhebung (Grospietsch und Mayer 2019) herangezogen, um begründet zu entscheiden, welche Fehlvorstellungen von angehenden Biologielehrkräften bei der Gestaltung des universitären Lernangebots mit Konzeptwechsellisten berücksichtigt werden sollen. Die Erstellung der Textelemente des Lehr-Lern-Materials erfolgte literaturgeleitet, d. h. auf Basis der Ergebnisse einer fachlichen Klärung (vgl. Kattmann 2007). Die Ergebnisse zeigen, dass bereits mit diesem Vorgehen viele Zustimmungsänderungen initiiert werden konnten. Es sind aber nicht die Neuomythen in Konzeptwechsellisten mit der höchsten Passung zu denen sich die höchsten Effektstärken zeigen (vgl. z. B. *Effektivität von Brain-Gym*). Da Konzeptwechsellisten ein Lehr-Lern-Material sind, das Vergleichsprozesse bzw. ein Bewusstsein für die Unterschiede zwischen Fehlvorstellung und fachlich angemessener Vorstellung erzielen soll (Beerenwinkel et al. 2011; Egbers und Marohn 2013; Mikkilä-Erdmann 2001; Pabuccu und Geban 2006), erscheint es in Anlehnung an das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) naheliegend, das Lehr-Lern-Material zukünftig weiter auf die Studierendenvorstellungen abzustimmen. Qualitative Folgestudien zur inhaltlichen Beschreibung von Argumenten für einzelne Neuomythen (= Erfassen der Lernendenperspektive) sowie passendere Kontrastierungen zwischen naiven und fachlich angemessenen Vorstellungen (= Ergebnis einer didaktischen Strukturierung) könnten einen stärkeren kognitiven Konflikt erzeugen und dadurch einen höheren Ertrag des Lernangebots bewirken. Die Eignung des Lehr-Lern-Materials ließe sich damit auf eine individuellere, konstruktivistischere Art legitimieren als bei den bislang üblichen Verfahren (Konstruktionskriterien, die Meinung von Expert/innen oder Lesbarkeitstests; vgl. z. B. Akpınar und Tan 2011; Al khawaldeh 2013). Erwartungswidrig zeigen sich in dieser Studie in Bezug auf die Passung keine Unterschiede zwischen den definierten Konzeptwechselgruppen (nachhaltiger Konzeptwechsel, kurzfristiger Konzeptwechsel, anhaltende Ablehnung, anhaltende Zustimmung und verstärkte Zustimmung). Da

die Konzeptwechselltexte inhaltlich unterschiedlich waren, nicht systematisch zwischen den Studierenden variiert und semesterbegleitend eingesetzt wurden, soll dieses Ergebnis nur als Indiz dafür gedeutet werden, dass es womöglich nicht darauf ankommt, dass jedes einzelne Argument, das Studierende hervorbringen, in den Konzeptwechselltexten thematisiert wird. Es könnte in Anlehnung an Posner et al. (1982) vielmehr darauf ankommen, wie ein Argument für einen Neuromythos aufgegriffen wird. So könnte es beispielsweise ausreichen, ein zentrales Argument so zu thematisieren, dass tatsächlich Unzufriedenheit mit den bisherigen Vorstellungen erzeugt wird. Ebenso wichtig könnte es sein, dass die fachlich angemessenen Vorstellungen verständlich, plausibel und fruchtbar dargestellt werden. Um diese Hypothesen zu überprüfen, könnte in Folgestudien mit Eyetracking und/oder lautem Denken gearbeitet werden. Durch weitere Ergebnisse zur Gewichtung, Reihenfolge und Begründung von Argumenten in Konzeptwechselltexten ließen sich Gelingensbedingungen für wirkungsvolle Interventionen ableiten. Ebenso könnten mit den genannten Verfahren detailliertere Einblicke in Bumerang-Effekte (vgl. Cook und Lewandowsky 2011) gewonnen werden, deren Existenz auf Basis dieser Studie nur vermutet werden kann.

Nutzung – Nachbereitende Lernaktivitäten der Studierenden

Die Ergebnisse zu den Lernaktivitäten nach Lesen der Konzeptwechselltexte zeigen, dass das Nachbereitungsniveau, das die Studierenden bei ihren Überarbeitungen zu verfassen Stellungnahmen (= Arbeitsauftrag 2) erreichen, insgesamt eher gering ausgeprägt ist. Yürük et al. (2009) betonen, dass es für einen nachhaltigen Konzeptwechsel wichtig ist, dass sich Lernende der Veränderungen ihrer Vorstellungen bewusstwerden. Vor diesem Hintergrund erscheint es nicht optimal, dass die meisten Studierenden die Informationen der Textelemente der Konzeptwechselltexte rein deskriptiv zusammenfassen (Niveau 1), anstatt ihre eigenen Argumente für Neuromythen selbstreflektiert zu überarbeiten (Niveau 5). Ob diese Ergebnisse durch die Formulierung des Arbeitsauftrags, die Tatsache, dass die Konzeptwechselltexte im Eigenstudium mit nicht so viel Engagement bearbeitet wurden, oder durch mangelnde Kompetenzen der Studierenden (z. B. Reflexionskompetenz) zustande kommen, bleibt offen. Was sich anhand der qualitativen Daten erkennen lässt, ist eine Abnahme bestimmter Nachbereitungsniveaus über den Semesterverlauf, was gegebenenfalls durch Gewöhnungs- und Sättigungseffekte (vgl. Rost 2007) verursacht sein kann. Es sind jedoch auch nicht die Neuromythen in Konzeptwechselltexten mit dem insgesamt höchsten Überarbeitungsniveau zu denen sich die höchsten Effektstärken zeigen (vgl. z. B. 10%-Gehirnnutzung).

Das insgesamt geringe Nachbereitungsniveau ($Mdn=2$ entspricht (Re-)Positionierung mit deskriptiver Beschreibung der Informationen des Textelements) kann mitunter auch dadurch bedingt sein, dass einige Studierende keinen Bedarf sahen, ihre bisherigen Vorstellungen detailliert zu überarbeiten, weil sie den Neuromythos vor Lesen des Textes grundsätzlich ablehnten und/oder einige ihrer Argumente für Neuromythen nur Randbemerkungen waren. In anderen Fällen könnte ein geringes Nachbereitungsniveau in der geringen Passung zwischen eigenen Argumenten für Neuromythen und den Inhalten der Konzeptwechselltexte begründet liegen. Gegebenenfalls können Lernende nur bei einem Mindestmaß an Übereinstimmung des Lehr-Lern-Materials mit den eigenen Vorstellungen, wie von Yürük und Eroglu (2016) als zentral hervorgehoben, Inkonsistenzen zwischen Fehl- und Fachvorstellungen sowie ihren Konzeptwechsel selbst überwachen und die Fruchtbarkeit der fachlich angemessenen Vorstellung zur Erklärung weiterer Phänomene bewerten. Der Neuromythos 3. *Lebensjahr* ist jedoch der einzige, bei dem sich ein Zusammenhang augenscheinlich so zeigt, wie es gemäß Angebots-Nutzungs-Modell für die universitäre Lehrkräftebildung (vgl. Abb. 1 und 3) erwartet wurde: Eine niedrige Passung des Lehr-Lern-Materials sowie geringe Nutzung des Lernangebots durch die Studierenden geht mit einem geringen Ertrag einher.

Erwartungswidrig zeigen sich in dieser Studie in Bezug auf die Nachbereitungsniveaus keine Unterschiede zwischen den definierten Konzeptwechselgruppen (nachhaltiger Konzeptwechsel, kurzfristiger Konzeptwechsel, anhaltende Ablehnung, anhaltende Zustimmung und verstärkte Zustimmung). Interpretiert werden kann und soll dieses Ergebnis designbedingt nicht in dem Maße, dass die Nutzung des Lernangebots keine Gelingensbedingung dafür ist, dass angehende Biologielehrkräfte ihre Fehlvorstellungen revidieren und fachlich angemessene Vorstellungen aufbauen. Eine weitere Untersuchung von Grospietsch und Mayer (2018b) zeigt, dass die selbsteingeschätzte Nutzung von Konzeptwechselltexten durch die Studierenden in einem negativen Zusammenhang mit der Post-Test-Zustimmung zu Neuromythen steht. Demnach scheint nur das Nachbereitungsniveau an sich nicht ausschlaggebend dafür zu sein, wie sich die Zustimmung zu Neuromythen über die Messzeitpunkte hinweg entwickelt. Geäußerte Zweifel, offene Fragen oder das vehemente Bestärken, Rechtfertigen sowie Verteidigen eigener Fehlvorstellungen sind nur einige Beispiele dafür, was in Überarbeitungen stärker wiegen könnte. In experimentellen Designs könnten diese Aspekte genauer untersucht werden. Die vorliegende Studie zeigt, dass Konzeptwechselltexte dabei nicht nur als Lehr-Lern-Material, sondern auch als Forschungsinstrument genutzt werden können. Inwiefern ein Lerneffekt durch Konzeptwechselltexte in der kognitiven Interaktion von Lesenden und Text begründet liegt, könnte wiederum mit einer Kombination

aus Eyetracking und/oder lautem Denken untersucht werden. Diese Studie liefert vor dem Hintergrund des Angebots-Nutzungs-Modells für die universitäre Lehrkräftebildung nach Grospietsch (2019) erste Ansatzpunkte dazu, wie qualitative und quantitative Daten im Mixed-Model-Design (Gläser-Zikuda et al. 2012) systematisch miteinander verschränkt werden können. Die methodische Kombination von Fragebögen und Konzeptwechseltexten im Speziellen könnte sich insbesondere für Vorstellungsforschung sowie Professionsforschung zu angehenden Lehrkräften als gewinnbringend erweisen.

Zusammenfassung, Limitationen und Implikationen

In der im Rahmen dieses Beitrags vorgestellten Studie wurde sich dem Konstrukt *Wissenschaftliche Mythen* gewidmet. Am Beispiel von Neuomythen wurden die Besonderheiten dieser spezifischen Form von Fehlvorstellungen herausgestellt und ein passendes Konstruktionsprinzip für Konzeptwechseltexte entwickelt. Integriert in eine universitäre Lehrveranstaltung für angehende Biologielehrkräfte wurde dieses Lehr-Lern-Material vor dem theoretischen Hintergrund eines Angebots-Nutzungs-Modells in einem Mixed-Model-Design ($N=40$) evaluiert und bzgl. spezifischer Gelingensbedingungen geprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass die Zustimmung zu Neuomythen bei angehenden Biologielehrkräften verbreitet ist und die Studierenden nicht nur fachlich nicht angemessene, sondern auch subjektiv-biografische, d. h. quellen- und erfahrungsbasierte, Argumente für Neuomythen nennen. Trotz identifizierter Optimierungsmöglichkeiten bei Angebot und Nutzung der Konzeptwechseltexte für/durch die Studierenden, zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass sich die Zustimmung zu Neuomythen durch ein Seminar mit Konzeptwechseltexten nachhaltig und mit mittleren bis hohen Effektstärken reduzieren lässt. Jedoch konnten auch Indizien für Bumerang-Effekte aufgezeigt und die Passung des Lehr-Lern-Materials sowie die Nachbereitung (Überarbeitung) durch die Studierenden als nicht notwendige Gelingensbedingungen für den Ertrag des Lernangebots herausgestellt werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind standort- und themengebunden. Externe Validität (Generalisierbarkeit) und Übertragbarkeit müssen durch weitere Studien überprüft werden. Das Zusammenfassen von Stichproben, das Fehlen einer Kontrollgruppe sowie der nicht systematisch variierte Einsatz der Konzeptwechseltexte sind Limitationen, die die Aussagekraft der Ergebnisse einschränken. Für das Mixed-Model-Design wurden quantitative Daten (Likert-Skala) zusammengefasst und qualitative Daten quantifizierend ausgewertet. An den gekennzeichneten Stellen war dies mit Informationsverlust und/oder Interpretationen, d. h. den charakteristischen Schwächen der beiden Forschungsmethoden, verbunden. Es fehlt eine Validierung der

fünf Konzeptwechselgruppen. Allein auf Basis der identifizierten Zustimmungsänderungen bleibt unklar, ob mit der Instruktion tatsächlich Konzeptwechsel oder lediglich Wissenszuwächse initiiert wurden. Als Ertrag wurde die Fähigkeit erfasst, Neuomythen als fachlich nicht angemessen zu bewerten. Darüber, ob durch das Lernangebot tatsächlich Fehlvorstellungen reduziert und Professionswissen konstruiert werden konnte, das im Kontext der Handlungspraxis routiniert angewendet werden kann, gibt die vorliegende Studie keinen Aufschluss. Dennoch sprechen die Ergebnisse unserer Studie dafür, dass es lohnenswert ist, Studierendenvorstellungen systematisch in der universitären Lehrkräftebildung zu berücksichtigen. Wo die Steigerung von Professionswissen allein nicht ausreicht, um Fehlvorstellungen nachhaltig zu reduzieren, könnte das explizite Aufgreifen und Reflektieren von Fehlvorstellungen, wie es z. B. mittels Konzeptwechseltexten erfolgen kann, eine gewinnbringende Perspektive für die Lehrkräftebildung darstellen. Wissenschaftliche Mythen im Speziellen existieren nicht nur zum Thema Gehirn und Lernen, sondern auch zu anderen Themen, die für angehende Lehrkräfte relevant sind – beispielsweise zur Natur der Naturwissenschaften (McComas 1998) oder Ernährung (Dekker et al. 2012). Das vorgestellte Konstruktionsprinzip für Konzeptwechseltexte (vgl. auch Anhang A) erscheint potenziell auf solche Themen übertragbar. Bereits im Kontext dieser Studie konnten sowohl zu Konzeptwechseltexten als auch zu wissenschaftlichen Mythen innovative Fragestellungen und methodische Ansätze vorgeschlagen werden, denen sich die Vorstellungs- und Professionsforschung zukünftig theoretisch und empirisch fruchtbar annehmen sollte.

Anhang A

Ausführungen zur Konstruktion der eingesetzten Konzeptwechseltexte

Als metakonzeptuelle Elemente der Konzeptwechseltexte dienten in Anlehnung an Egbers und Marohn (2013) sowie Yürük und Eroglu (2016) eine Positionierung vor und Repositionierung nach dem Lesen des Textelements. Das heißt, in einem ersten Arbeitsauftrag wurde ein Neuomythos genannt (im Wortlaut des zugehörigen Fragebogen-Items) und dazu aufgefordert, zu diesem begründet Stellung zu nehmen. Nach dem Lesen des Textelements wurde je Konzeptwechseltext mit einem zweiten Arbeitsauftrag dazu angeleitet, die verfasste Stellungnahme zu ergänzen und/oder zu überarbeiten. Die Textelemente der Konzeptwechseltexte wurden so konstruiert, dass sie je mit Alltagsbeispielen aus authentischen Kontexten der Lebenswelt (in Anlehnung an Özmen 2011) beginnen, die die weite Verbreitung eines Neuomythos verdeutlichen und ihn ver-

Abb. 6 Textbeispiel (Ausschnitt) zum Neuromythos *Effektivität von Brain-Gym*

Linke und rechte Hirnhemisphäre sind bereits verbunden!

In der Mitte zwischen beiden Gehirnhälften liegt der Balken (*Corpus Callosum*), ein dicker Nervenband, welches aus 200 bis 250 Millionen Nervenfasern besteht und die rechte mit der linken Hirnhälfte verbindet (Chudler 2011). Richtig gehört, linke und rechte Hemisphäre sind bereits verbunden! Nicole Becker (2006), Professorin für Erziehungswissenschaft an der PH Freiburg, erklärt: „[Es] findet, beispielsweise bei der Wahrnehmung eines beliebigen Gegenstands, ein Informationsaustausch zwischen rechter und linker Hirnhälfte statt. Auch wenn ein Reiz nur im rechten Gesichtsfeld präsentiert wird und er somit zuerst in der linken Hemisphäre ankommt (die Sehnerven arbeiten überkreuz), wird die ‚Information‘ über den Balken an die rechte Hemisphäre weitergegeben. Man könnte sagen, dass die rechte Hemisphäre über den Balken erfährt, was die linke gesehen hat“ (S. 129). Diesen Informationsaustausch belegen Experimente des Nobelpreisgewinners Roger Sperry, der die Folgen von Split-Brain-Operationen (vorgenommen zur Heilung von Epilepsie) näher untersuchte (Badenschier 2012). Die operative Durchtrennung des Balkens führt beispielsweise dazu, dass Patienten nicht mehr in der Lage sind, „mit der rechten Hand einen Gegenstand von einem Tisch zu nehmen, der ihnen im linken Gesichtsfeld eingeblendet [wird]“ (Becker 2007). Die Vorstellung, dass die beiden Hemisphären bei gesunden Menschen weitestgehend unabhängig voneinander arbeiten, lässt sich mit Blick auf diese neurowissenschaftliche Untersuchung nicht halten (Becker 2006). Die Konzeptionen von Brain-Gym und Co. fordern mit der Zusammenarbeit von linker und rechter Hirnhälfte also etwas, das ohnehin existiert!

meintlich bestätigen. Um Zweifel an der Zuverlässigkeit der Quellen zu schüren (vgl. Cook und Lewandowsky 2011) und einen Spannungsbogen aufzubauen, wurde die Einleitung im Konjunktiv formuliert und anschließend die Frage nach Evidenzen aufgeworfen. Die endgültige Auflösung, ob es sich um einen Neuromythos handelt oder nicht, wurde ans Ende eines jeden circa 2,5 Seiten langen Textelements gestellt. Durch die Besonderheit einer Art zu widerlegender Argumentationskette (vgl. Tab. 3) wurde das Textelement in mehrere Absätze unterteilt, die für je einen aus der Theorie abgeleiteten Fehlschluss eine wissenschaftliche Widerlegung ausführen. Zur Berücksichtigung des Bumerang-Effekts des Vertrauten wurde in den Texten auf eine Wiederholung der Neuromythen verzichtet. Stattdessen wurde mit Umschreibungen, Vergleichen, Analogien oder Metaphern auf sie Bezug genommen. Wissenschaftliche Widerlegungen wurden hingegen in Überschriften und Fazit eines jeden Absatzes sowie am Ende des Gesamttextes wiederholt (= Konzentration auf Fakten, vgl. Cook und Lewandowsky 2011). Zur Berücksichtigung des Bumerang-Effekts der Informationsüberladung und der Bedingungen für einen Konzeptwechsel nach Posner et al. (1982) wurden die einzelnen Absätze der Textelemente verständlich und plausibel formuliert.⁹ In Anlehnung an Beerenwinkel et al. (2011) und Schaal (2018) wurde eine der breiten Öffentlichkeit verständliche Sprache verwendet. Fachbegriffe und Forschungsergebnisse wurden in einfacher Weise erklärt. Um Interessantheit und Glaubhaftigkeit der widerlegenden Informationen zu erhöhen, wurden In-Text-Zitationen eingesetzt und die Qualifikation zitierter Personen betont. Auch

populärwissenschaftliche Textpassagen wurden eingesetzt, um über ihre Stilmittel (z. B. Wir-Form ‚unser Gehirn‘) affektive Momente zwischen Lesenden und Text zu generieren (vgl. Egbers und Marohn 2013). Mit Unterstreichungen wurde gearbeitet, um die zentralen Belegstellen für jede wissenschaftliche Widerlegung hervorzuheben. Ziel war es, die Aufmerksamkeit der Lesenden auf die Kontraste zwischen eigener (Fehl-)Vorstellung und fachlich angemessener Vorstellung zu lenken, Vergleichsprozesse zu initiieren, die Unzufriedenheit stiften, und im besten Fall einen kognitiven Konflikt zu erzeugen (vgl. Beerenwinkel et al. 2011; Mikkilä-Erdmann 2001). Im Gegensatz zu anderen Konzeptwechselltext-Studien und auch entgegen der Empfehlung von Cook und Lewandowsky (2011) wurde selten mit direkten Widerlegungsimpulsen wie z. B. „Doch das ist falsch!“ oder Warnungen vor einem Neuromythos gearbeitet. Hierauf wurde zugunsten des Weltanschauungs-Bumerang-Effekts verzichtet. Die Kontrastierung von Fehlschluss und wissenschaftlicher Widerlegung sollte nicht zu stark und offensichtlich (i.e.S. rezeptartig) vorgegeben werden, um die Studierenden nicht vor den Kopf zu stoßen (Cook und Lewandowsky 2011). Um wissenschaftlich angemessene Vorstellungen für die Studierenden akzeptierbar zu machen, wurden zentrale Gegenargumente so formuliert, dass sie den Studierenden nicht bedrohlich für ihre Weltanschauung erscheinen. In Anlehnung an Cook und Lewandowsky (2011) dient dieses Gestaltungsprinzip nicht dazu, die Lesenden bestmöglich zu manipulieren, sondern den Fakten eine „echte Chance“ (S. 4) zu geben. Abb. 6 zeigt einen Beispielabsatz aus dem Konzeptwechselltext zum Neuromythos *Effektivität von Brain-Gym*, der eine alternative Erklärung zu Fehlschluss 1 (vgl. Tab. 3) ausführt.

⁹ Die genauen Gestaltungsmittel zu allen vier Bedingungen nach Posner et al. (1982) finden sich in den Beiträgen von Grospietsch und Mayer (2018b, 2018c).

Anhang B

Tab. 8 Kategoriensystem zur Auswertung der Überarbeitungs-niveaus nach Lesen der Konzeptwechselltexte – Definitionen und Ankerbeispiele

Kategorie	Definition	Ankerbeispiel (Fundstelle)
<i>Niveau 0:</i> Fehlende Überarbeitung	Eine Überarbeitung bleibt aus.	„Ich würde meine Antwort genauso wiedergeben.“ (Text 8, Studentin, 24 Jahre)
<i>Niveau 1:</i> Deskriptive Beschreibung der Informationen des Textelements	Rein deskriptives Aufzählen der Gegenargumente des Textelements, wobei keine eigenen Gedanken geäußert werden.	„• Verbindungen der Hemisphären über Balken → tauschen Informationen aus (Folge von Durchtrennung) • Hirnhälften spezialisiert (siehe Areale) • ‚Asymmetrie‘ aufgrund der Beschaffenheit, nicht der Nutzung • Gehirnjogging schult nur Teilbereiche (wie jede andere beliebige Übung auch) • Hilft nicht bei neuen, fremden Aufgaben“ (Text 4, Studentin, 23 Jahre)
<i>Niveau 2:</i> (Re-)Positionierung mit deskriptiver Beschreibung der Informationen des Textelements	Es wird eine (Re-)Positionierung formuliert. Die Beschreibung der Gegenargumente des Textelements verbleibt jedoch auf rein deskriptiver Ebene.	„Nach den gelesenen Informationen stimme ich der Aussage nicht mehr zu. Koordinationsübungen besitzen nach wissenschaftlichen Befunden keinen Einfluss auf die Interaktion von linker und rechter Gehirnhälfte. [...] Die Interaktion zwischen linker und rechter Hirnhälfte findet dauerhaft statt, da die Hirnhälften über den Balken miteinander verbunden sind. [...] Des Weiteren ist bewiesen, dass eine Hirnhälfte allein nur selten Aufgaben erledigt, dazu braucht es immer beide.“ (Text 4, Student, 23 Jahre)
<i>Niveau 3:</i> Analytische Auseinandersetzung mit den Informationen des Textelements	Die Gegenargumente des Textelements werden analytisch durchdrungen und zueinander in Beziehung gesetzt (Signalwörter z. B. daher, deshalb). Dabei wird ein erweitertes Fachverständnis deutlich.	„Meine Antwort war in Teilen richtig, jedoch gibt es Aspekte zu ergänzen: Tatsächlich ist die Vernetzung der beiden Hirnhälften (über den Balken) schon vorhanden. Sie muss daher weder erst aufgebaut werden noch kann sie besonders durch Gehirnjogging verstärkt werden, bei allen Denkprozessen findet Interaktion zwischen den beiden Hirnhälften statt. Koordinationsübungen üben also nur besondere ‚Aufgaben‘, sie helfen bei der Vernetzung also nicht besser als andere Denkprozesse auch.“ (Text 4, Student, 21 Jahre)
<i>Niveau 4:</i> Bewertung von Informationen des Textelements und eigenen Argumenten	Kritische Auseinandersetzung mit Informationen des Textelements und eigenen Vorstellungen, bei der diese bewertet und miteinander verbunden werden.	„Wie bereits erwähnt war mir bereits klar, dass unsere Hirnhälften verbunden sind und durch Übung gewisse neuronale, für die jeweilige Aufgabe notwendige Netze aktiviert und somit gestärkt werden. Dass diese Stärkung einzelner Teilbereiche im Gehirn sich jedoch nicht auf die Interaktion ausübt war mir nicht klar. Koordinationsübungen bauen also ebenfalls wie jeder andere Lernprozess Verbindungen der Neuronen auf und können aber nicht die eh gegebenen und notwendigen Interaktionen der Hirnhälften beeinflussen.“ (Text 4, Studentin, 23 Jahre)
<i>Niveau 5:</i> Selbstreflektiertes Überarbeiten von Defiziten der eigenen Argumente	Das Erkennen von Defiziten der bisherigen Vorstellung und das explizite Durchführen konkreter Verbesserungsmaßnahmen stehen im Zentrum.	„Zum ersten Teil meiner Aussage kann ich noch begrenzt zustimmen. Es entstehen keine neuen Verbindungen und die Koordination kann durch Übung verbessert werden, dies aber nur mit sehr geringen Ausmaßen. Den zweiten Teil meiner Aussage müsste ich streichen. Die Hemisphären sind über die Brücke verbunden und stehen in ständigem Kontakt, so dass Vorgänge in der einen Hirnhälfte in der anderen wahrgenommen werden. So funktioniert auch die Koordination zwischen ihnen. Wichtig ist, dass die Koordination bzw. Interaktion von den Gehirnhälften vorhanden ist, auch ohne Übungen, und das Übungen nicht wirklich gravierende Auswirkungen auf diese haben.“ (Text 4, Studentin, 24 Jahre)

Danksagung Wir danken den Hilfskräften I. Lins und S. Bachmann, die diese Studie mit besonderem Engagement unterstützt haben. Gleichrangig bedanken wir uns bei den 40 Studierenden dieser Studie sowie den 33 Studierenden zweier Vorstudien, die die Pilotierung von Lehrveranstaltung und Konzeptwechseltexten konstruktiv unterstützt 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 den Förderkennzeichen 01JA1505 und 01JA1805 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei Autorin und Autor.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Akpinar, M., & Tan, M. (2011). Developing, implementing, and testing a conceptual change text about relativity. *Western Anatolia Journal of Educational Sciences (WAJES)* 139–144. Special Issue: Selected papers presented at WCNTSE. ISSN 1308-8971.
- Al khawaldeh, S. A. (2007). Facilitating conceptual change in ninth grade students' understanding of human circulatory system concepts. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 371–385. <https://doi.org/10.1080/02635140701535331>.
- Al khawaldeh, S. A. (2013). Prediction/discussion-based learning cycle versus conceptual change text: comparative effects on students' understanding of genetics. *Research in Science & Technological Education*, 31(2), 168–183. <https://doi.org/10.1080/02635143.2013.811576>.
- Al khawaldeh, S. A., & Al Olaimat, A. M. (2010). The contribution of conceptual change texts accompanied by concept mapping to eleventh-grade students understanding of cellular respiration concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19(2), 115–125. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9185-z>.
- Alparslan, C., Tekkaya, C., & Geban, Ö. (2003). Using the conceptual change instruction to improve learning. *Journal of Biological Education*, 37(3), 133–137. <https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655868>.
- Armağan, F. Ö., Keskin, M. Ö., & Akin, B. S. (2017). Effectiveness of conceptual change texts: a meta analysis. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.367>.
- Aslan, A., & Demircioğlu, G. (2014). The effect of video-assisted conceptual change texts on 12th grade students' alternative conceptions: the gas concept. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, 116, 3115–3119. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.718>.
- Aydin, S. (2012). Remediation of misconceptions about geometric optics using conceptual change texts. *Journal of Research and Behavioral Sciences*, 1(1), 1–12.
- Aydin, S. (2017). Eliminating the misconceptions about image formation in plane mirrors by conceptual change texts. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(4), 1394–1303. <https://doi.org/10.24289/ijsser.320030>.
- Başer, M., & Geban, Ö. (2007a). Effectiveness of conceptual change instruction on understanding of heat and temperature concepts. *Research in Science & Technological Education*, 25(1), 115–133. <https://doi.org/10.1080/02635140601053690>.
- Başer, M., & Geban, Ö. (2007b). Effect of instruction based on conceptual change activities on students' understanding of static electricity concepts. *Research in Science & Technological Education*, 25(2), 243–267. <https://doi.org/10.1080/02635140701250857>.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Beck, H. (2016). *Hirnrissig: Die 20,5 größten Neuomythen – und wie unser Gehirn wirklich tickt* (2. Aufl.). München: Wilhelm Goldmann Verlag.
- Becker, N. (2006). *Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Becker, J., Gröne, C., Kamann, M., Linkwitz, M., Nixdorf, D., & Seufert, H. (2017). *Biosphäre Neurobiologie. Sekundarstufe II* (1. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Beerenwinkel, A., Parchmann, I., & Gräsel, C. (2011). Conceptual change texts in chemistry teaching: A study on the particle model of matter. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1235–1259. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9257-9>.
- Blais, M., Amaratani, D., Albaret, J.-M., Chaix, Y., & Tallet, J. (2018). Atypical inter-hemispheric communication correlates with altered motor inhibition during learning of a new bimanual coordination pattern in developmental coordination disorder. *Developmental Science*, 21(3), e12563. <https://doi.org/10.1111/desc.12563>.
- Bodenmann, S. (2009). Newtons Apfel & Co. Zur Kategorisierung des Mythos in den Naturwissenschaften. In S. Splinter (Hrsg.), *Mythos – Helden – Symbole. Legimitation, Selbst- und Fremdwahrnehmung in der Geschichte der Naturwissenschaften, der Medizin und Technik* (S. 1–46). München: Martin Meidenbauer.
- Bruer, J. T. (2000). *Der Mythos der ersten drei Jahre: Warum wir lebenslang lernen*. Weinheim: Beltz.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrażyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, 441(2), 219–223. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.06.024>.
- Çakir, Ö. S., Geban, Ö., & Yürük, N. (2002). Effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of cellular respiration concepts. *Biochemistry and molecular biology education*, 30(4), 239–243. <https://doi.org/10.1002/bmb.2002.494030040095>.
- Çalik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2007). Enhancing pre-service elementary teachers' conceptual understanding of solution chemistry with conceptual change text. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s10763-005-9016-5>.
- Çalik, M., Kolomuç, A., & Karagölge, Z. (2010b). The effect of conceptual change pedagogy on students' conceptions of rate of reaction. *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 422–433. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9208-9>.
- Çalik, M., Okur, M., & Taylor, N. (2010a). A comparison of different conceptual change pedagogies employed within the topic of “sound propagation”. *Journal of Science Education and Techno-*

- logy, 20(6), 729–742. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9266-z>.
- Cancela, J. M., Vila Suárez, M. H., Vasconcelos, J., Lima, A., & Ayán, C. (2015). Efficacy of brain gym training on the cognitive performance and fitness level of active older adults: a preliminary study. *Journal of Aging and Physical Activity*, 23(4), 653–658. <https://doi.org/10.1123/japa.2014-0044>.
- Chambers, S. K., & Andre, T. (1995). Are conceptual change approaches to learning science effective for everyone? Gender, prior subject matter interest, and learning about electricity. *Contemporary Educational Psychology*, 20, 377–391. <https://doi.org/10.1006/ceps.1995.1025>.
- Chi, M. T. H. (2013). Two kinds and four sub-types of misconceived knowledge, ways to change it, and the learning outcomes. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (2. Aufl. S. 49–70). New York, London: Routledge/Taylor & Francis.
- Çil, E., & Çepni, S. (2016). The effectiveness of conceptual change texts and concept clipboards in learning the nature of science. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 43–68. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1066323>.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Aufl.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Cook, J., & Lewandowsky, S. (2011). *The debunking handbook*. St. Lucia: University of Queensland.
- Creif, U., & Friedrich, H. F. (2000). Selbstgesteuertes Lernen Erwachsener. Eine Lernertypologie auf der Basis von Lernstrategien, Lernmotivation und Selbstkonzept. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14, 194–205.
- Dağdelen, O., & Kösterelioğlu, I. (2015). Effect of conceptual change texts for overcoming misconceptions in „people and management“ unit. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 8(1), 99–112.
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuro-myths in education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3, 429. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>.
- Dierkes, P. (Hrsg.). (2019). *Neurobiologie. Unterricht Biologie 43(441)*. Seelze: Friedrich Verlag.
- van Dijk, W., & Lane, H. B. (2018). The brain and the US education system: perpetuation of neuromyths. *Exceptionality*. <https://doi.org/10.1080/09362835.2018.1480954>.
- diSessa, A. A. (2013). A bird's-eye view of the „pieces“ vs. „coherence“ controversy (from the „pieces“ side of the fence). In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* 2. Aufl. Educational psychology handbook series. (S. 31–48). New York, London: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Durmuş, J., & Bayraktar, Ş. (2010). Effects of conceptual change texts and laboratory experiments on fourth grade students' understanding of matter and change concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 498–504. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9216-9>.
- Düvel, N., Wolf, A., & Kopiez, R. (2017). Neuromyths in music education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers and students. *Frontiers in Psychology*, 8, 629. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00629>.
- Egbers, M., & Marohn, A. (2013). Konzeptwechseltexte – eine Textart zur Veränderung von Schülervorstellungen. *CHEMKON*, 20(3), 119–126. <https://doi.org/10.1002/ckon.201310200>.
- Ferrero, M., Garaizar, P., & Vadillo, M. A. (2016). Neuromyths in education: prevalence among Spanish teachers and an exploration of cross-cultural variation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 496. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00496>.
- Folta-Schoofs, K., & Ostermann, B. (2019). *Neurodidaktik: Grundlagen für Studium und Praxis*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Geake, J. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research*, 50(2), 123–133. <https://doi.org/10.1080/00131880802082518>.
- Genç, E., Fraenz, C., Schlüter, C., Friedrich, P., Hossiep, R., Voelkle, M. C., et al. (2018). Diffusion markers of dendritic density and arborization in gray matter predict differences in intelligence. *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04268-8>.
- Gerstenmaier, J., & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867–888.
- Gläser-Zikuda, M., Seidel, T., Rohlf, C., Gröschner, A., & Ziegelbauer, S. (Hrsg.). (2012). *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung*. Münster: Waxmann.
- Grospietsch, F. (2019). *Berücksichtigung von Studierendenvorstellungen zum Thema Gehirn und Lernen in der Lehrkräfteausbildung Biologie*. Dissertation. Kassel: Universität Kassel.
- Grospietsch, F., & Mayer, J. (2018a). Lernen mittels professionellem Konzeptwechsel in der Hochschuldidaktik. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 149–162). Münster: Waxmann.
- Grospietsch, F., & Mayer, J. (2018b). 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. (2018c). Professioneller Konzeptwechsel zum Thema Neuromythen in der universitären Lehramtsausbildung Biologie. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen* (S. 179–198). Münster: Waxmann.
- 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. (2021). Didaktische Rekonstruktion als Planungs- und Forschungsrahmen nutzen – Fachliche Klärung, Gestaltung und Evaluation einer universitären Lehrveranstaltung zum Thema Gehirn und Lernen. *HLZ –Herausforderung Lehrer*innenbildung*, 4 (2), 165–192. <https://doi.org/10.11576/hlz-2548>
- Grospietsch, F., Lins, I., Gimbel, K. & Meier, M. (2021, im Druck). Lehrkräftebildung an der Hochschule konstruktivistisch gestalten – Lehr-Lern-Modelle, -Prinzipien und -Beispiele zu Lernen mittels Konzeptwechsel, Problembasiertem und Situiertem Lernen. In M. Kubsch, S. Sorge, N. Graulich & J. Arnold (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht – Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken*.
- Grube, D., & Ricken, G. (2016). Rechenschwäche und Dyskalkulie. In K. Seifried, S. Drewes & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch Schulpsychologie: Psychologie für die Schule* 2. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer.
- Gürefe, N., Yarar, S. H., Pazarbasi, B., & Es, H. (2014). The effect of conceptual change texts on understanding of height concept of secondary school 5th class students. *International Journal of Educational Studies in Mathematics*, 1(1), 58–68. <https://doi.org/10.17278/ijesim.2014.01.005>.
- Guzzetti, B. J. (2000). Learning counter-intuitive science concepts: What have we learned from over a decade of research? *Reading & Writing Quarterly*, 16(2), 89–98. <https://doi.org/10.1080/105735600277971>.
- Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V., & Gamas, W. S. (1993). Promoting conceptual change in science: a comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and

- science education. *Reading Research Quarterly*, 28(2), 116–159. <https://doi.org/10.2307/747886>.
- Helmke, A. (2014). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett.
- Helmke, A., & Schrader, F.-W. (2010). Hochschuldidaktik. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (4. Aufl., S. 273–279). Weinheim, Basel: Beltz.
- Herrmann, U. (Hrsg.). (2009). *Neurodidaktik: Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen* (2. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.
- Horvath, J. C., Donoghue, G. M., Horton, A. J., Lodge, J. M., & Hattie, J. A. C. (2018). On the irrelevance of neuromyths to teacher effectiveness: comparing neuro-literacy levels amongst award-winning and non-award winning teachers. *Frontiers in Psychology*, 9, 1666. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01666>.
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education. Myths and messages. *Nature reviews Neuroscience*, 15(12), 817–824. <https://doi.org/10.1038/nrn3817>.
- Howard-Jones, P. A., Franey, L., Mashmoushi, R., & Liao, Y.-C. (2009). *The neuroscience literacy of trainee teachers*. Neuroscience literacy, British Educational Research Association Annual Conference, Manchester.
- Hyatt, K. J. (2007). Brain Gym®: Building stronger brains or wishful thinking? *Remedial and Special Education*, 28(2), 117–124. <https://doi.org/10.1177/07419325070280020201>.
- Im, S., Cho, J.-Y., Dubinsky, J. M., & Varma, S. (2018). Taking an educational psychology course improves neuroscience literacy but does not reduce belief in neuromyths. *PLOS ONE*, 13(2), e192163. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192163>.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologie-didaktischen Forschung* (S. 93–104). Berlin, New York: Springer.
- Kattmann, U. (2015). *Schüler besser verstehen: Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Hallbergmoos: Aulis.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschafts-didaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Keleş, P. U., Çepni, S., Aydın, S., & Haşiloğlu, M. A. (2011). The effect of conceptual change texts on eliminating the misconceptions of K5 students' alternative views about the birds. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, 28, 1061–1071. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.192>.
- Keller-Schneider, M., & Albisser, S. (2012). Grenzen des Lernbaren? Ergebnisse einer explorativen Studie zum Erwerb adaptiver Unterrichtskompetenz im Studium. In T. Hascher & G. H. Neuweg (Hrsg.), *Forschung zur (Wirksamkeit der) Lehrer/innen/bildung* (S. 85–103). Wien: LIT.
- Kohler, B., & Wacker, A. (2013). Das Angebots-Nutzungs-Modell. Überlegungen zu Chancen und Grenzen des derzeit prominentesten Wirkungsmodells der Schul- und Unterrichtsforschung. *Die Deutsche Schule*, 105(3), 241–257.
- Komorek, M., Fischer, A., & Moschner, B. (2013). Fachdidaktische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdessigns. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdessign – Zur Begründung und Umsetzung genuin fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme* (S. 37–57). Münster: Waxmann.
- Koparan, T., Yıldız, C., Köğçe, D., & Güven, B. (2010). The effect of conceptual change approach on 9th grade students' achievement. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3926–3931. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.618>.
- Kowalski, P., & Taylor, A. K. (2009). The effect of refuting misconceptions in the introductory psychology class. *Teaching of Psychology*, 36(3), 153–159. <https://doi.org/10.1080/00986280902959986>.
- Kowalski, P., & Taylor, A. K. (2011). Effectiveness of refutational teaching for high- and low-achieving students. *Journal of Scholarship of Teaching and Learning*, 11, 79–90.
- Krammer, G., Vogel, S. E., Yardimci, T., & Grabner, R. H. (2019). Neuromythen sind zu Beginn des Lehramtsstudiums prävalent und unabhängig vom Wissen über das menschliche Gehirn. *Zeitschrift für Bildungsforschung*. <https://doi.org/10.1007/s35834-019-00238-2>.
- Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologie-didaktischen Forschung* (S. 81–92). Berlin, New York: Springer.
- Kuhn, T. S. (1970). *Structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>.
- Lethaby, C., & Harries, P. (2016). Learning styles and teacher training: are we perpetuating neuromyths? *ELT Journal*, 70(1), 16–27. <https://doi.org/10.1093/elt/ccv051>.
- Lilienfeld, S. O., Lynn, S. J., Ruscio, J., & Beyerstein, B. L. (2010). *50 great myths of popular psychology. Shattering widespread misconceptions about human behavior*. Chichester: John Wiley.
- Lin, J.-W., Yen, M.-H., Liang, J.-C., Chiu, M.-H., & Guo, C.-J. (2016). Examining the factors that influence students' science learning processes and their learning outcomes: 30 years of conceptual change research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(9), 2611–2646. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.000600a>.
- Lipowsky, F. (2009). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 73–102). Berlin: Springer.
- Looß, M. (2001). Lentypen? Ein pädagogisches Konstrukt auf dem Prüfstand. *Die Deutsche Schule*, 93(2), 186–198.
- Macdonald, K., Germine, L., Anderson, A., Christodoulou, J., & McGrath, L. M. (2017). Dispelling the myth: training in education or neuroscience decreases but does not eliminate beliefs in neuromyths. *Frontiers in Psychology*, 8, 1314. <https://doi.org/10.1093/elt/ccv051>.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- McCarthy, M. A., & Frantz, S. (2016). Challenging the status quo: Evidence that introductory psychology can dispel myths. *Teaching of Psychology*, 43(3), 211–214. <https://doi.org/10.1177/0098628316649470>.
- McComas, W. F. (1998). *The nature of science in science education—and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mikkilä-Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11, 241–257. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00041-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00041-4).
- Newton, P. M., & Miah, M. (2017). Evidence-based higher education—Is the learning styles 'myth' important? *Frontiers in Psychology*, 8, 444. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00444>.
- Önder, İ. (2017). The effect of conceptual change texts supplemented instruction on students' achievement in electrochemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 9(4), 969–975. <https://doi.org/10.15345/ijoes.2017.04.006>.
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD] (2002). *Understanding the brain: towards a new learning science*. Paris: OECD.
- Ozkan, G., & Selcuk, G. S. (2015a). Effect of technology enhanced conceptual change texts on students' understanding of buoyant force. *Universal Journal of Educational Research*, 3(12), 981–988. <https://doi.org/10.13189/ujer.2015.031205>.
- Ozkan, G., & Selcuk, G. S. (2015b). The effectiveness of conceptual change texts and context-based learning on students' conceptual achievement. *Journal of Baltic Science Education*, 14(6), 753–763.

- Ozkan, G., & Selcuk, G. S. (2016). Facilitating conceptual change in students' understanding of concepts related to pressure. *European Journal of Physics*, 37(5), 55702. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/5/055702>.
- Özkan, Ö., Tekkaya, C., & Geban, Ö. (2004). Facilitating conceptual change in students' understanding of ecological concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 95–105. <https://doi.org/10.1023/B:JOST.0000019642.15673.a3>.
- Özkaya, A. R., Üce, M., Sarıçayır, H., & Şahin, M. (2006). Effectiveness of a conceptual change-oriented teaching strategy to improve students' understanding of galvanic cells. *Journal of Chemical Education*, 83(11), 1719–1723. <https://doi.org/10.1021/ed083p1719>.
- Özmen, H. (2011). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education*, 57(1), 1114–1126. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.12.004>.
- Özmen, H., & Naseriazar, A. (2018). Effect of simulations enhanced with conceptual change texts on university students' understanding of chemical equilibrium. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 83(1), 121–137. <https://doi.org/10.2298/JSC1612220650>.
- Özmen, H., Demircioğlu, H., & Demircioğlu, G. (2009). The effects of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. *Computers & Education*, 52(3), 681–695. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.11.017>.
- Pabuccu, A., & Geban, Ö. (2006). Remediating misconceptions concerning chemical bonding through conceptual change text. *Hacettepe University Journal of Education*, 30, 184–192.
- Papadatou-Pastou, M., Haliou, E., & Vlachos, F. (2017). Brain knowledge and the prevalence of neuromyths among prospective teachers in Greece. *Frontiers in Psychology*, 8, 804. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00804>.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2009). Learning styles: concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105–119. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x>.
- Piaget, J. (1970). *The science of education and the psychology of the child*. New York: Grossman.
- Pinarbaşı, T., Canpolat, N., BayrakÇeken, S., & Geban, Ö. (2006). An investigation of effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of solution concepts. *Research in Science Education*, 36(4), 313–335. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-9003-4>.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>.
- Prinz, A., Golke, S., & Wittwer, J. (2018). The double curse of misconceptions: misconceptions impair not only text comprehension but also metacomprehension in the domain of statistics. *Instructional Science*, 46(5), 723–765. <https://doi.org/10.1007/s11251-018-9452-6>.
- Rosenthal, R., & DiMatteo, M. R. (2001). Meta-analysis: Recent developments in quantitative methods for literature reviews. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 59–82. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.59>.
- Rost, D. H. (2007). *Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien: Eine Einführung* (2. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Roth, G. (2014). Neurobiologische Grundlagen des Lernerfolgs. *Unterricht Biologie*, 392, 2–11.
- Roth, K. J. (1985). *Conceptual change learning and student processing of science texts*. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago.
- Ruhaak, A. E., & Cook, B. G. (2018). The prevalence of educational neuromyths among pre-service special education teachers. *Mind, Brain, and Education*, 12(3), 155–161. <https://doi.org/10.1111/mbe.12181>.
- Şahin, Ç., İpek, H., & Çepni, S. (2010). Computer supported conceptual change text: Fluid pressure. *Procedia – and Behavioral Sciences*, 2(2), 922–927. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.127>.
- Schaal, S. (2018). Faszination: Mythos – Konzepte zum Aufbau eines kritischen Wissenschaftsverständnisses. *Unterricht Biologie*, 431, 2–10.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (Lehrbuch)*. Berlin: Springer Spektrum.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeff-fentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf. Zugegriffen: 22. Juni 2020.
- Sen, S., & Yılmaz, A. (2012). Effect of conceptual change texts assisted dual situated learning model on achievement. *Hacettepe University Journal of Education*, 42, 367–379.
- Sendur, G., & Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 431–449. <https://doi.org/10.1039/C3RP00019B>.
- Suhandi, A., Hermita, N., Samsudin, A., Mafthu, B., & Costu, B. (2017). Effectiveness of visual multimedia supported conceptual change texts on overcoming students' misconception about boiling concept. *The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 1012–1022. Special Issue for INTE. ISSN: 2146-7242
- Sungur, S., Tekkaya, C., & Geban, Ö. (2001). The contribution of conceptual change texts accompanied by concept mapping to students' understanding of the human circulatory system. *School Science and Mathematics*, 101(2), 91–101. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2001.tb18010.x>.
- Taş, E., Gülen, S., Öner, Z., & Özyürek, C. (2015). The effects of classic and web-designed conceptual change texts on the subject of water chemistry. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 7(2), 263–280.
- Tastan, O., Yalcinkaya, E., & Boz, Y. (2008). Effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of energy in chemical reactions. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 444–453. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9113-7>.
- Tekkaya, C. (2003). Remediating high school students' misconceptions concerning diffusion and osmosis through concept mapping and conceptual change text. *Research in Science & Technological Education*, 21(1), 5–16. <https://doi.org/10.1080/02635140308340>.
- Tippett, C. D. (2004). *Conceptual change: the power of refutation text*. : University of Victoria.
- Urhahne, D., Dresel, M., & Fischer, F. (Hrsg.). (2019). *Psychologie für den Lehrberuf*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55754-9>.
- Uzunıryakı, E., & Geban, Ö. (2005). Effect of conceptual change approach accompanied with concept mapping on understanding of solution concepts. *Instructional Science*, 33(4), 311–339. <https://doi.org/10.1007/s11251-005-2812-z>.
- Vosniadou, S. (Hrsg.). (2013). *International handbook of research on conceptual change* (2. Aufl.). Educational psychology handbook series. New York, London: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Wang, T., & Andre, T. (1991). Conceptual change text versus traditional text and application questions versus no questions in learning

- about electricity. *Contemporary Educational Psychology*, 16(2), 103–116. [https://doi.org/10.1016/0361-476X\(91\)90031-F](https://doi.org/10.1016/0361-476X(91)90031-F).
- Willcutt, E. G., Petrill, S. A., Wu, S., Boada, R., DeFries, J. C., Olson, R. K., et al. (2013). Comorbidity between reading disability and math disability: Concurrent psychopathology, functional impairment, and neuropsychological functioning. *Journal of Learning Disabilities*, 46(6), 500–516. <https://doi.org/10.1177/0022219413477476>.
- Yenilmez, A., & Tekkaya, C. (2006). Enhancing students' understanding of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 81–87. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-0358-8>.
- Yilmaz, D., Tekkaya, C., & Sungur, S. (2011). The comparative effects of prediction/discussion-based learning cycle, conceptual change text, and traditional instructions on student understanding of genetics. *International Journal of Science Education*, 33(5), 607–628. <https://doi.org/10.1080/09500691003657758>.
- Yumusak, A., Maras, I., & Şahin, M. (2015). Effects of computer-assisted instruction with conceptual change texts on removing the misconceptions of radioactivity. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 3(2), 23–50. <https://doi.org/10.17478/JEGYS.2015214277>.
- Yürük, N. (2007). The effect of supplementing instruction with conceptual change texts on students' conceptions of electrochemical cells. *Journal of Science Education and Technology*, 16(6), 515–523. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9076-0>.
- Yürük, N., & Eroglu, P. (2016). The effect of conceptual change texts enriched with metaconceptual processes on pre-service science teachers' conceptual understanding of heat and temperature. *Journal of Baltic Science Education*, 15(6), 693–705.
- Yürük, N., Beeth, M. E., & Andersen, C. (2009). Analyzing the effect of metaconceptual teaching practices on students' understanding of force and motion concepts. *Research in Science Education*, 39, 449–475. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9089-6>.
- Zhang, R., Jiang, Y., Dang, B., & Zhou, A. (2019). Neuromyths in Chinese classrooms: evidence from headmasters in an underdeveloped region of China. *Frontiers in Education*, 4, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00008>.
- Zheng, P., Dimitrakakis, C., & Triesch, J. (2013). Network self-organization explains the statistics and dynamics of synaptic connection strengths in cortex. *PLOS Computational Biology*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002848>.