

Sarina Scharnberg

Ko-Konstruktive Lehrentwicklung im
Entwicklungsteam Mathematik der Leuphana
Universität Lüneburg

Verlag Barbara Budrich
Opladen • Berlin • Toronto 2019

Der Aufsatz *Ko-Konstruktive Lehrentwicklung im Entwicklungsteam Mathematik der Leuphana Universität Lüneburg* von Sarina Scharnberg steht unter der Creative Commons Lizenz Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY 4.0):
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Diese Lizenz erlaubt die Verbreitung, Speicherung, Vervielfältigung und Bearbeitung unter Angabe der UrheberInnen, Rechte, Änderungen und verwendeten Lizenz.

Der Aufsatz ist erschienen in:

Kleemann, Katrin/Jennek, Julia /Vock, Miriam (Hrsg.) (2019):
Kooperation von Universität und Schule fördern. Schulen stärken, Lehrerbildung verbessern. Opladen: Verlag Barbara Budrich, S. 163-182.



Dieser Beitrag steht im Open-Access-Bereich der Verlagsseite zum kostenlosen Download bereit (<https://doi.org/10.3224/84742209.09>).

ISBN 978-3-8474-2209-9

DOI 10.3224/84742209.09

Ko-Konstruktive Lehrentwicklung im Entwicklungsteam Mathematik der Leuphana Universität Lüneburg

Sarina Scharnberg

1 Einleitung

Als Reaktion auf die unbefriedigenden PISA-Ergebnisse (Programme for International Student Assessment) deutscher Schülerinnen und Schüler im Jahr 2003 (vgl. Tschekan 2011) und die schlechten Resultate im Rahmen der Third International Mathematics and Science Study, kurz TIMSS, (vgl. Blum 2001), wurde die Forderung nach Kompetenzorientierung und damit einhergehend nach der Umstrukturierung von einer Input- zu einer Outputsteuerung laut (Klieme/Hartig 2007: 14f.). Ein erster Meilenstein in Richtung dieser geforderten Outputsteuerung war der Erlass bundesweit verbindlicher Bildungsstandards (Paechter et al. 2012: 171f.). Für unterschiedliche Unterrichtsfächer – so auch für das Fach Mathematik – werden in den Bildungsstandards neben inhaltlichen Kernideen erstmalig Schlüsselqualifikationen, sogenannte „prozessbezogene Kompetenzen“, aufgeführt, welche die Schülerinnen und Schüler „bis zu einem bestimmten Zeitpunkt ihres Bildungsganges“ (KMK 2003: 6), d.h. jeweils am Ende der Primarstufe sowie der Sekundarstufe I und II, erreicht haben sollen (Paechter et al. 2012: 175). Für das Fach Mathematik in der Sekundarstufe I stellt mathematisches Problemlösen eine der insgesamt sechs prozessbezogenen Kompetenzen dar (KMK 2003).

Aus der Forderung, einerseits Schülerinnen und Schüler zur Erreichung der Bildungsstandards auszubilden und andererseits die Individualität im Lehr-Lernprozess aller Lernenden zu berücksichtigen, ergibt sich eine fundamentale Diskrepanz (Reusser 2014), deren Überwindung ein Mitwirken und eine kooperative Haltung von allen an der schulischen Bildung beteiligten Institutionen und Akteursgruppen verlangt.

Das Handlungsfeld „Kompetenzorientierte Unterrichtsgestaltung“ des Forschungs- und Entwicklungsprojekts ZZL-Netzwerk¹ im Zukunftszentrum Leh-

¹ Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für

rerbildung der Leuphana Universität Lüneburg stellt sich den Herausforderungen, die mit der Integration von Kompetenzorientierung in die schulische sowie universitäre Lehre einhergehen, und zielt auf eine Verzahnung zwischen Theorie und Praxis in der Lehrkräftebildung ab. In sogenannten *Entwicklungsteams* arbeiten Wissenschaftler/-innen, Lehrkräfte (und Studierende) an gemeinsamen Fragestellungen im Kontext der Kompetenzorientierung exemplarisch in vier Unterrichtsfächern zusammen, unter anderem auch in dem Fach Mathematik in der Sekundarstufe I. Im Austausch zwischen den unterschiedlichen Akteursgruppen werden universitäre Lehrformate entwickelt, erprobt und beforscht. Zusätzlich werden Materialien für den schulischen Unterricht entwickelt, mit dem Ziel, die schulische Praxis vor dem Hintergrund der Förderung einer stärkeren Kompetenzorientierung weiterzuentwickeln und nachhaltig zu verändern.

Warum eine Verzahnung von Theoriewissen sowie praktischem Erfahrungswissen wichtig ist und wie eine solche Verzahnung konkret an der Leuphana für das Fach Mathematik realisiert wird, soll modellhaft anhand des Entwicklungsteams Mathematik des ZZL-Netzwerks dargestellt werden. Hierzu wird zunächst auf die Kompetenz Problemlösen sowie auf eine Auswahl fachdidaktischer Grundlagen eingegangen, um anschließend die Notwendigkeit einer (besseren) Verzahnung von Schule und Universität zu skizzieren. Davon ausgehend werden das Entwicklungsteam Mathematik, seine Mitglieder sowie die Arbeitsweise im Team vor dem Hintergrund des theoretischen Konstrukts der transdisziplinären Entwicklungsteams (Straub/Dollereider in diesem Band) erläutert. Im Anschluss sollen Ergebnisse der gemeinsamen Arbeit präsentiert und ein Einblick in erste Ergebnisse der Begleitforschung gegeben werden. Abschließend erfolgt ein Ausblick auf die weiteren Schritte dieser engen und intensiven Kooperation zwischen Universität und Schule.

2 Problemlösen im schulischen Mathematikunterricht

2.1 Definition von Problemlösen

Ein mathematisches Problem – anders als eine Routineaufgabe – kann nicht ad hoc gelöst werden, da kein Algorithmus zur Aufgabenerlösung bekannt ist

Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1603 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin. Das *Zukunftszentrum Lehrerbildung Netzwerk (ZZL-Netzwerk)* an der Leuphana Universität Lüneburg versucht, eine Verbesserung der Lehrkräfteausbildung durch eine gezielte und produktive Verzahnung von Theorie und Praxis zu erreichen.

(Dörner 1979). Beim Problemlösen geht es daher darum, dass „ein bestimmter ‚Ausgangszustand‘ in einen bestimmten ‚Zielzustand‘ [...] [überführt werden muss], wobei eine ‚Barriere‘ eine unmittelbare Überführung der Anfangssituation in die angestrebte Zielsituation verhindert.“ (Zech 2002: 57) Folglich steht im Fokus des Problemlösens – in Abgrenzung zu anderen prozessbezogenen Kompetenzen – nicht so sehr das Ergebnis, sondern viel mehr die Überwindung dieser Barriere, d.h. der Lösungsweg einer Aufgabe.

Mitte des 20. Jahrhunderts lieferte George Pólya in seinem Buch „Schule des Denkens“ einen entscheidenden Beitrag zum Verständnis von Problemlöseprozessen. Pólya (1945) gliedert den Problembearbeitungsprozess in vier aufeinanderfolgende Phasen: Zunächst muss eine Problemlöseaufgabe von dem/der Aufgabenlöser/-in verstanden werden, um zu erkennen, was verlangt wird. Neben einer (Re-)Formulierung des Problems bilden die Identifikation sowie das Verständnis relevanter Informationen essentielle Bestandteile dieser ersten Phase. Den Kern der zweiten Phase bildet das Ausdenken eines Lösungsplans, welches nach Pólya „[d]ie eigentliche Leistung bei einer Aufgabe“ (ebd.: 22) darstellt. Hierbei werden Zusammenhänge zwischen dem Gegebenen und dem Gesuchten erarbeitet und eine entsprechende Vorgehensweise für die Transformation vom Anfangszustand in den Zielzustand ausgewählt. Der in der zweiten Phase entwickelte Plan wird in der dritten Phase nach Pólya ausgeführt. Die vierte und letzte Phase umfasst die Rückschau, in welcher sowohl die Lösung, als auch das gewählte Vorgehen bei der Bearbeitung überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. Einzelne bzw. mehrere Schritte des Phasenmodells werden auf Basis der Ergebnisse in der Phase Rückschau ggf. erneut durchlaufen. Anders als auf den ersten Blick durch Pólya’s Phasenmodell suggeriert wird, lassen sich mathematische Problemlösebearbeitungen jedoch keinesfalls immer als linear ablaufende Bearbeitungsprozesse von Phase eins bis vier abbilden (Rott 2013: 397). Vielmehr bietet das Modell einen Anhaltspunkt in Form von Prozessschritten bei der Bearbeitung von Problemlöseaufgaben, welcher sich als hilfreich für eine erfolgreiche Problemlösung erwiesen hat.

2.2 Ansätze zur Förderung von Problemlösekompetenzen im schulischen Mathematikunterricht

Aufgrund eines Mangels in der geistigen Beweglichkeit können nicht alle Personen (mathematische) Probleme intuitiv (gleich) gut lösen. So mangelt es einigen Aufgabenlösern/-innen unter anderem an der Fähigkeit, Probleme zu reduzieren, Abhängigkeiten zu erkennen oder Vorgehensweisen reflektieren und transferieren zu können. Insbesondere vor diesem Hintergrund ist der Auf- und Ausbau sogenannter Heuristiken zur ganzheitlichen Förderung von Problem-

lösekompetenzen notwendig (Bruder 2002). Darüber hinaus ist die Kompetenz Problemlösen als das Wissen über Heuristiken (z.B. Vor- und Rückwärtsarbeiten, Invarianzprinzip) zu verstehen, aber auch als Fähigkeit, diese Heuristiken einzusetzen und reflektierend zu betrachten (Leiss/Blum 2006: 39). Die gezielte Schulung von Heuristiken lässt sich durch das folgende vierphasige Unterrichtskonzept realisieren, in welchem – in Anlehnung an das Phasenmodell von Pólya (1945) – die schrittweise Eigenständigkeit angestrebt wird (Bruder/Collet 2011: 114):

1. „Gewöhnen an die Heuristiken“ (ebd.): Schülerinnen und Schüler werden durch die Lehrkraft langsam an ein strukturiertes sowie reflektiertes Vorgehen bei der Problembearbeitung herangeführt und imitieren in diesem Zuge auch die selbstregulative Herangehensweise der Lehrkraft.
2. „Bewusstmachen heuristischer Elemente und Einsicht in deren Wirksamkeit“ (ebd.): Schülerinnen und Schülern wird Einsicht in die Notwendigkeit und Machbarkeit von Heuristiken über einfache, anschauliche Beispielaufgaben gewährt. Die Heuristiken werden explizit gemacht und somit bewusst eingeführt.
3. „Zeitweilige bewusste Übung und Anwendung“: Schülerinnen und Schüler lernen, Heuristiken auf Beispielebene zur Lösung von Problemlöseaufgaben individuell anzuwenden.
4. „Schrittweise bewusste Kontexterweiterung für den Einsatz der Heuristiken und zunehmend unterbewusste Nutzung“ (ebd.): Zur Förderung eines flexibel(er)en, kontextunabhängig(er)en und zunehmend unbewusst(re)n Umgangs mit einem Heuristik lösen die Schülerinnen und Schüler Aufgaben in anderen Kontexten.

Insbesondere die Erreichung der vierten Phase erfordert größere Zeiträume und verlangt nach einer kontinuierlichen thematischen Auseinandersetzung. Zudem stellt insbesondere diese vierte Phase unter Berücksichtigung der Heterogenität der Schülerinnen und Schüler ein Maximalziel dar, welches nicht von allen erreicht werden kann. Das Unterrichtsmodell von Bruder und Collet (2011) ist vor diesem Hintergrund als idealtypisch zu verstehen.

2.3 Theoretische Forderung(en) vs. praktische Realität

Obwohl die bildungspolitischen Forderungen zur Implementation von Problemlösen in den vergangenen Jahren durch Befunde der mathematikdidaktischen Forschung bestärkt worden sind (z.B. Sturm 2018; Herold-Blasius/Rott/Leuders 2017), nimmt diese prozessbezogene Kompetenz nach wie vor kaum

einen Stellenwert im deutschen Mathematikunterricht ein (u.a. Kuzle/Gebel 2016). Dieser Umstand ist insbesondere vor dem Hintergrund der Ergebnisse der PISA-Studie 2012 bedenklich: Nach wie vor liegen knapp 20 Prozent der deutschen Fünfzehnjährigen im Bereich des mathematischen Problemlösens unter dem sogenannten Basisniveau, welches die Organisation for Economic Cooperation and Development, kurz OECD, als elementare Fähigkeit für Mitglieder der modernen Gesellschaft konstituiert (OECD 2014). Zentrale Probleme für diese mangelnde Umsetzung stellen mangelhafte Unterrichtsmaterialien (Kuzle/Gebel 2016) sowie die unzureichende Lehrkräfteexpertise auf diesem Themengebiet dar (Fritzlar 2004). Von Seiten der Wissenschaft existieren zwar bereits Materialien für einen langfristigen und kumulativen Aufbau mathematischer Problemlösekompetenzen (u.a. LEMAMOP: Bruder et al. 2017; SymPa: Kuzle/Gebel 2016), jedoch finden diese bisher kaum Einzug in die schulische Unterrichtspraxis. Auch wissenschaftliche Erkenntnisse zu fachwissenschaftlichen sowie fachdidaktischen Expertiseelementen zum mathematischen Problemlösen (beispielhaft vgl. Teil 2.2) erreichen deutsche Mathematiklehrkräfte aufgrund eines mangelnden Anschlusses der Lehrkräfte an die Wissenschaft nicht. Gründe für die mangelnde Anschlussfähigkeit liegen neben den eingeschränkten zeitlichen Ressourcen der Lehrkräfte insbesondere in dem fehlenden Zugang der Lehrkräfte zu den wissenschaftlichen Erkenntnissen (ebd.), welcher wiederum in der Wissenschaft bisher kaum Berücksichtigung findet.

3 Theorie-Praxis-Dilemma

Um dem Handlungsdruck in der Schulpraxis zu begegnen und trotz fehlender Ressourcen von Lehrkräften langfristige Veränderungen im deutschen Mathematikunterricht bewirken zu können, besteht eine wichtige Aufgabe der Universitäten darin, bereits die Lehrkräfteausbildung so auszurichten, dass die (zukünftigen) Lehrkräfte bestmöglich auf die schulische Praxis vorbereitet werden. Zwar entspricht die theoretische Ausbildung an deutschen Universitäten in der Regel dem aktuellen Stand der Schul-, Unterrichts- und fachdidaktischen Forschung, dennoch fällt es Studierenden schwer, ihr Wissen in Handlungskompetenzen zu transformieren. Grund hierfür ist die fehlende Passung zwischen diesem akademischen Theoriewissen und der praktischen Umsetzung im Unterricht, welche sie zum Beispiel im Rahmen von Praktika erfahren. Spätestens mit dem Beginn ihres Referendariats werden Studierende dann damit konfrontiert, „teils komplementäre und teils widersprüchliche Perspektiven [aus Theorie und Praxis] in Beziehung zu setzen und zu integrieren“ (Reusser/Fraefel 2018: 14). Aufgrund des vorherrschenden Handlungs- und Zeitdrucks der

schulischen Praxis neigen sie trotz fundierter theoretischer Ausbildung dazu, sich an die gegebenen Unterrichtskulturen der Schulen anzupassen und auf tradierte Unterrichtskonzepte zurückzugreifen. Ihre im Studium gewonnenen Erkenntnisse werden dann den Unterrichtskulturen der Schulen untergeordnet, ihre Rolle als „change agents“ (Girmes 2006) zur Verbreitung didaktischer Innovationen sowie zur Entwicklung eines kompetenzorientierten Mathematikunterrichts gerät ins Wanken und die dringend notwendigen Innovationen aus der Wissenschaft werden eher gebremst als gefördert (Reusser/Fraefel 2018: 14). Das Lehramtsstudium muss daher neben der Darbietung des theoretischen Wissens auf dem aktuellen wissenschaftlichen Stand insbesondere die Möglichkeit bieten, „dieses auch mit praktischen Erfahrungen [zu] verknüpfen [...] bzw. praktisches Wissen um theoretische Elemente [anzureichern] [...]“ (Drexhage et al. 2016: 219).

Um solche Gelegenheiten für eine Verknüpfung von theoretischem Wissen mit Anwendungssituationen (Bransford/Brown/Cocking 2000) im Rahmen des Lehramtsstudiums zu schaffen, bedarf es des Mitwirkens von Schulpraxis sowie Wissenschaft im Sinne einer ko-konstruktiven Zusammenarbeit (Gräsel/Fussangel/Pröbstel 2006). Dabei sollte es das Ziel sein, „Bezüge gezielt herzustellen, die Erkenntnisse des jeweils anderen Bereichs für die eigene Arbeit ernst zu nehmen und zugrunde zu legen und letztendlich im Rahmen gemeinsamer Arbeit gemeinsame Ergebnisse zu produzieren“ (Pilypaitytė/Siller 2018: 2).

Im Hinblick auf ebendiese Kooperation scheint sich das Konzept der *Transdisziplinären Entwicklungsteams* als vielversprechend zu erweisen, bei welchem „ein Zusammenführen von (traditionell) konkurrierenden Diskursen oder Praktiken [angestrebt wird], um eine Aushandlung hinsichtlich gemeinsamer Ziele und um eine Verknüpfung verschiedener Gesichtspunkte zugunsten einer gemeinsamen Linie“ (Pilypaitytė/Siller 2018: 3) zu erreichen. Transdisziplinäre Entwicklungsteams lassen sich durch nachfolgende vier Gestaltungsprinzipien (Straub/Dollereider in diesem Band) charakterisieren:

1. Problemlöseorientierung: Im Zentrum der Arbeit transdisziplinärer Entwicklungsteams steht die gemeinschaftliche Bewältigung eines Arbeits- und Problembereiches durch Beteiligte unterschiedlicher Akteursgruppen. Sowohl die Thematisierung des Problembereiches als auch die durch die gemeinsame Arbeit entstehenden Ergebnisse sind für alle Beteiligten gleichermaßen von Relevanz und Nutzen.
2. Multiperspektivität: Für die Bewältigung solcher transdisziplinärer Problembereiche ist der Einbezug unterschiedlicher Perspektiven durch verschiedene Akteursgruppen notwendig. Im Kontext der Unterrichts- sowie Professionalisierungsforschung, wie sie im ZZL-Netzwerk im Vordergrund stehen, stellen insbesondere Lehrkräfte, Studierende, Wissenschaftler/-innen, Studienseminarleitungen oder Vertreter/-innen außerschulischer Bildungsorganisationen wichtige Akteursgruppen dar.

3. Partizipation: Die gemeinsame Arbeit im transdisziplinären Entwicklungsteam erfordert ein hohes Maß an Teilhabe und Eingebundenheit aller Beteiligten, welche sich sowohl in Form eines Wissens- und Perspektivenaustauschs als auch in Form einer Reflexion und eines Neu-denkens herkömmlicher Zuständigkeiten und Strukturen zeigt.
4. (Re-)Integration: Neben dem Einbringen ihrer eigenen Perspektiven ist es Aufgabe der beteiligten Akteure/-innen, sich gedanklich von ihren Herkunftskontexten zu lösen, um in wechselseitiger Perspektivenübernahme sowie in Aushandlungs- und Ko-Konstruktionsprozessen etwas Neues zu schaffen und den eigenen Horizont zu erweitern (Fraefel 2018: 21). Die auf diese Weise gemeinsam generierten neuen Erkenntnisse werden in die ursprünglichen Bezugskontexte reintegriert und somit eine Dissemination der Ergebnisse erreicht.

Im Folgenden wird das Entwicklungsteam Mathematik als eines von acht transdisziplinären Entwicklungsteams an der Leuphana in seiner strukturellen und (fach-)didaktischen Konzeption und Arbeitsweise sowie seiner institutionellen Verankerung dargestellt. Es setzt sich aus drei Akteursgruppen – Lehrkräfte, Wissenschaftler/-innen sowie Studierende – zusammen und strebt die gemeinsame Entwicklung universitärer und schulischer Lehrkonzepte sowie die Entstehung und Erprobung kompetenzorientierter Aufgabenformate im Bereich des mathematischen Problemlösens an.

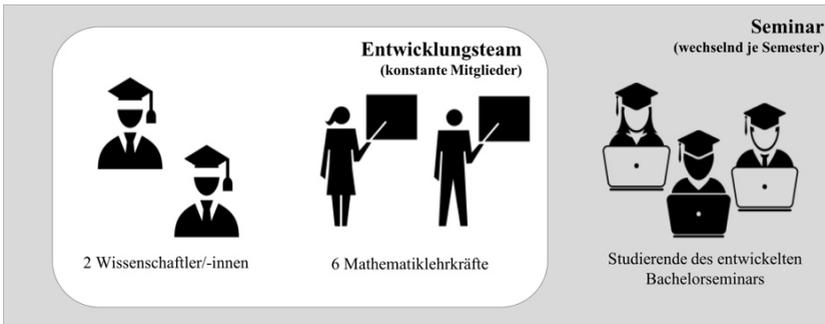
4 Theorie-Praxis-Verzahnung konkret: Entwicklungsteam Mathematik

Auf Basis bestehender Kooperationen mit den drei Sekundarstufe I – Campusschulen der Leuphana² (Drexhage et al. 2016), wurden im Frühjahr 2016 interessierte Lehrkräfte der Campusschulen für eine gemeinsame Arbeit an der Thematik „Kompetenzorientierte Unterrichtsgestaltung im schulischen Mathematikunterricht“ im Rahmen des Projekts ZZL-Netzwerk akquiriert. Insgesamt sechs Mathematiklehrkräfte (jeweils zwei aus einer Campusschule) sowie zwei Fachdidaktiker/-innen der Leuphana bilden seit Mai 2016 das Entwicklungsteam Mathematik des ZZL-Netzwerks (vgl. Abb. 1). Ziel der Arbeit im Entwicklungsteam ist einerseits die gemeinsame Konzeption einer mathematikdidaktischen Lehrveranstaltung, welche Lehramtsstudierende des Faches Mathe-

2 Campusschulen sind Partnerschulen, welche über schriftliche Kooperationsvereinbarungen mit der Leuphana verbunden sind und eine organisatorische, inhaltliche und methodische Zusammenarbeit zwischen akademischer, wissenschaftlicher und berufspraktischer Ausbildung fokussieren. Derzeit existieren an der Leuphana insgesamt sechs Campusschulen.

matik zur Gestaltung und Umsetzung kompetenzorientierten Mathematikunterrichts befähigen soll. Andererseits verfolgt die Entwicklungsteamarbeit das Ziel, über die Einbindung von Lehramtsstudierenden des Faches Mathematik eine tiefere wissenschaftliche Fundierung in der schulischen Unterrichtspraxis zu erreichen. Hierbei wird ein Wissenstransfer zwischen den Akteursgruppen angestrebt, d.h. das in der universitären Lehrveranstaltung erlangte, eher theoriebasierte Wissen der Studierenden in einen Austausch mit dem schulpraktischen Handlungswissen der beteiligten Lehrkräfte zu stellen (Integration, vgl. Teil 3).

Abbildung 1: Akteure/-innen des Entwicklungsteams Mathematik



Quelle: eigene Darstellung

4.1 Anfänge der gemeinsamen Arbeit und Themengenerierung

Seit Mai 2016 versammeln sich die sechs Mathematiklehrkräfte sowie die zwei Wissenschaftler/-innen der Leuphana im Rahmen von Entwicklungsteamtreffen im drei- bis vierwöchentlichen Rhythmus. Im Anschluss an einen theoriebasierten Austausch über den Begriff der Kompetenzorientierung und seine Bedeutung für die Mathematikdidaktik, wurden bestehende Schwierigkeiten in der Umsetzung von Kompetenzorientierung im schulischen Mathematikunterricht thematisiert. Die Lehrkräfte des Entwicklungsteams berichteten von Umsetzungsschwierigkeiten in Bezug auf die prozessbezogenen Kompetenzen, insbesondere in Bezug auf das mathematische Modellieren sowie das mathematische Problemlösen. Während in Bezug auf die Implementationsschwierigkeiten im Bereich des mathematischen Modellierens vordergründig die vorherrschende Unsicherheit mit der Thematik seitens der Entwicklungsteamlehrkräfte genannt worden ist, berichteten sie in Bezug auf das mathematische

Problemlösen insbesondere von einem Mangel an praxistauglichem Unterrichtsmaterial sowie ihrer eigenen unzureichenden Expertise im Bereich dieser prozessbezogenen Kompetenz. Diese Eigenwahrnehmung der Entwicklungsteamlehrkräfte deckt sich mit dem aktuellen Stand mathematikdidaktischer Problemlöseforschung (vgl. Teil 2). Basierend auf den Ergebnissen dieses Austausches wurde im Juli 2016 der für beide Akteursgruppen gleichermaßen relevante inhaltliche Fokus – die prozessbezogene Kompetenz des mathematischen Problemlösens in schulischen sowie universitären Settings – von den beteiligten Mathematiklehrkräften sowie Wissenschaftlern/-innen des Entwicklungsteams festgelegt (Problemlöseorientierung & Multiperspektivität, vgl. Teil 3). Ab August 2016 wurden die fachlichen sowie fachdidaktischen Grundlagen im Bereich des mathematischen Problemlösens³ gemeinsam erarbeitet. Auf Basis der theoretischen und praktischen Erkenntnisse wurden im September 2016 die konkreten Inhalte für eine universitäre Lehrveranstaltung zur Förderung der Expertise sowie der professionellen Handlungskompetenzen in Bezug auf das mathematische Problemlösen festgelegt und eine entsprechende Seminarstruktur entwickelt.

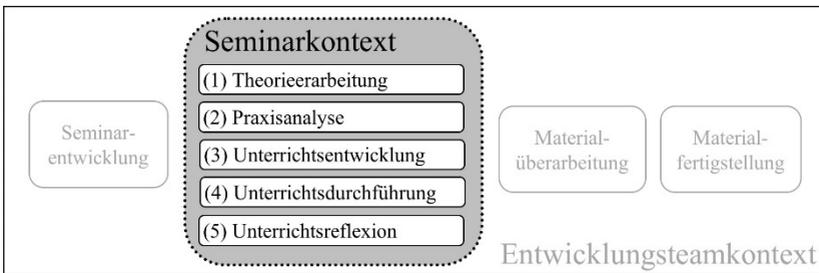
4.2 Gemeinsame Entwicklung einer universitären Lehrveranstaltung

Das im Rahmen der Entwicklungsteamarbeit entstandene, fachdidaktische Bachelorseminar „Problemlösen in der Sekundarstufe I – Seminar mit Lehrkräften der Leuphana Campusschulen“ richtet sich an Mathematikstudierende des vierten sowie fünften Fachsemesters. Es wurde im Wintersemester 2016/17 pilotiert und wird seitdem jedes Semester angeboten (Reintegration, vgl. Teil 3). Es verfolgt das Ziel, neben der Vermittlung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen zum Problemlösen, gezielt fachdidaktische Planungskompetenzen in Bezug auf diese prozessbezogene Kompetenz aufzubauen und somit einen Beitrag zur Professionalisierung der Studierenden zu leisten. Realisiert wird diese Zielsetzung durch ein lernförderliches Spannungsverhältnis von Theorie und Praxis, welches sich nicht nur in der bereits angesprochenen Seminarplanung und damit verbunden in dem didaktischen Konzept (vgl. Abb. 2), sondern insbesondere auch in der personellen Seminarstruktur widerspie-

3 In Anlehnung an Pólya (1945) stehen dem/der Aufgabenlöser/-in für zielorientiertes Denken und Handeln, wie es für das Lösen mathematischer Probleme notwendig ist, unterschiedliche Problemlösestrategien, sogenannte Heuristiken, zur Verfügung (Pólya 1945: 129). Das Wissen der Aufgabenlöserin bzw. des Aufgabenlösers über Heuristiken sowie die Fähigkeit, diese einzusetzen, reflektierend zu betrachten und ausdauernd zu verwenden, charakterisiert nach Collet (2009) ebenso die Problemlösekompetenz, wie die Phasen des Problemlösens nach Pólya (1945) (vgl. Teil 2).

gelt: Die Seminarstudierenden arbeiten gemeinschaftlich mit allen Akteuren/-innen des Entwicklungsteams Mathematik, d.h. den Wissenschaftlern/-innen sowie den Lehrkräften, an der Konzeption, Planung und Umsetzung von kompetenzorientiertem Problemlöseunterricht im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I (Partizipation, vgl. Teil 3).

Abbildung 2: Seminarinhalte



Quelle: eigene Darstellung

1. Zu Seminarbeginn werden die theoretischen Grundlagen zur prozess-bezogenen Kompetenz Problemlösen, angeleitet durch die Wissenschaftler/-innen, erarbeitet sowie eigenständig Problemlöseaufgaben bearbeitet.⁴
 2. Auf Basis der theoretischen Inhalte werden schulpraktische Materialien, u.a. schriftliche Lösungsansätze sowie videographierte Arbeitsprozesse von Schülerinnen und Schülern, analysiert.
 3. Im Anschluss konzipieren je drei bis fünf Seminarstudierende in Kleingruppen eine vierstündige Unterrichtseinheit (zwei Doppelstunden von je 90 Minuten), welche zum Ziel hat, einen festgelegten Heurismus anhand der Phasen des Problemlösenlernens nach Bruder und Collet (2011) zu vermitteln. Die Unterrichtseinheit wird für eine reale Mathematikklasse, jede Kleingruppe für jeweils eine Entwicklungsteamlehrkraft und ihre Klasse, geplant. Durch „ihre“ jeweilige Entwicklungsteamlehrkraft werden die Studierenden in ihrem Planungsprozess ebenso unterstützt wie durch die Wissenschaftler/-innen der Universität. Zudem durchlaufen sie innerhalb des Prozesses mindestens drei Feedbackschleifen (zwei mit der jeweiligen Lehrkraft und eine mit den Wissenschaftlern/-innen).
 4. Durchgeführt werden die entwickelten Unterrichtseinheiten von der jeweiligen Entwicklungsteamlehrkraft. Diese Entscheidung liegt zum einen darin begründet, dass die Lehrkraft bereits mit ihrer Klasse vertraut
-
- 4 Dazu zählt neben der Definition und Bedeutsamkeit von Problemlösen die Auseinandersetzung mit den in Teil 2 erläuterten Phasen des Problemlösens (Pólya 1945), mit den Heurismen (Bruder/Collet 2011) sowie mit dem Unterrichtskonzept (ebd.).

ist. Zum anderen stellt die mangelnde Lehrerfahrung seitens der Studierenden einen Unsicherheits- und Störfaktor bei der Fokussierung und Reflexion von fachdidaktischen Schwerpunkten des Problemlöseunterrichts dar. Die Durchführung des Unterrichts wird durch die Studierenden live im Klassenraum bzw. über ein eingerichtetes Videokonferenzsystem⁵ hospitiert.

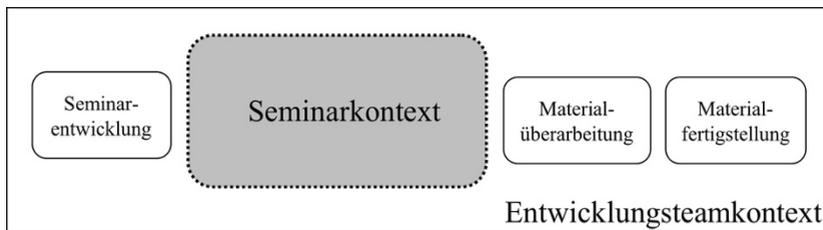
5. Zum Abschluss des Seminars reflektieren alle drei Akteursgruppen gemeinsam die Unterrichtseinheiten in Bezug auf die Erfahrungen aus der Durchführung. Eine Reflexion über die einzelnen Planungselemente (z.B. Aufgabenauswahl, Differenzierungsmaßnahmen) sowie ein Ausblick auf Veränderungen im Falle einer erneuten Durchführung erfolgt im Rahmen der Prüfungsleistung zum Seminar in Form einer schriftlichen theoriegeleiteten Reflexion.

4.3 Entwicklung schulischer Unterrichtsmaterialien zur Förderung eines kumulativen Aufbaus mathematischer Problemlösekompetenzen

Neben der Konzeption des vorgestellten didaktischen Seminars, welches Mathematikstudierende durch den gezielten Aufbau von Expertise im Bereich des Problemlösens zur Gestaltung kompetenzorientierten Problemlöseunterrichts im Fach befähigen soll, hat es sich das Entwicklungsteam Mathematik zur Aufgabe gemacht, den Auf- und Ausbau von Problemlösekompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I durch die Entwicklung geeigneter Unterrichtsmaterialien gezielt zu fördern. Hierzu soll auf die entwickelten Materialien der Studierenden sowie die im Rahmen des Seminars stattgefundenen Reflexionen zurückgegriffen werden (vgl. Abb. 3).

5 In Kooperation zwischen dem Zukunftszentrum Lehrerbildung und der Campusschule Jestedeburg wurde ein Videokonferenzsystem entwickelt, getestet und etabliert, bei welchem ein Klassenraum der Schule via Kamera und Ton mit einem Seminarraum an der Universität verbunden wird. Studierende haben somit die Möglichkeit, Unterricht zu beobachten, ohne in der Schule physisch anwesend zu sein. Ein Vorteil liegt in der Möglichkeit für die Studierenden, parallel zum stattfindenden Unterricht bereits erste Reflexionsgespräche führen zu können, ohne dabei das Unterrichtsgeschehen zu stören. Forschungen an der Leuphana konnten den Expertiseaufbau von Studierenden durch die Erprobung theoretischer Überlegungen und Handlungsempfehlungen in den konkreten Unterrichtssituationen sowie die Reflexion beider Akteursgruppen (Studierende, Lehrkräfte) durch den Einsatz des Videokonferenzsystems bestätigen (Drexhage et al 2016).

Abbildung 3: Zusammenspiel Seminar- & Entwicklungsteamkontext



Quelle: eigene Darstellung

Die im Seminar konzipierten Unterrichtsmaterialien sowie -stunden der Studierenden werden im Anschluss an einen Seminardurchlauf im Rahmen eines Entwicklungsteamtreffens zunächst allen Beteiligten vorgestellt (*Partizipation*, vgl. Teil 3).⁶ Hierzu zählen neben einer Zusammenfassung der Stundenplanung und Präsentation der Aufgaben- sowie Arbeitsformate insbesondere auch die Vor- und Nachteile der jeweiligen Planungen, welche sich im Rahmen des Seminardurchlaufs und darüber hinaus in der gemeinsamen Reflexion ergeben haben. Gemeinsam werden – auf Basis der vorgestellten Entwürfe – gelungene Elemente der Unterrichtsplanungen, z.B. Einführungsdialoge, Übungsaufgaben, Steckbriefe oder Testaufgaben, identifiziert. Diese Elemente werden zu einem Unterrichtsbaustein zusammengefügt und ggf. durch eigens recherchierte und erstellte Elemente ergänzt. Der neu entstandene Baustein wird von einer der Entwicklungsteamlehrkräfte pilotiert und die Erfahrungen erneut im Entwicklungsteam rückgespiegelt. Gegebenenfalls erfolgt eine weitere Änderung des Unterrichtsbausteins vor der finalen Fertigstellung des Materials sowie seiner Implementation in das Schulcurriculum (*Reintegration*, vgl. Teil 3).

Jeder Unterrichtsbaustein zum Problemlösen führt einen Heurismus ein und besteht aus insgesamt sechs Teilen: (1) Den Anfang bildet eine Einführungsaufgabe inklusive Lösungsweg, welche selbstständigkeitsorientiert, z.B. durch einen schriftlichen Dialog zwischen zwei Schülerinnen und Schülern (vgl. Abbildung 4), im Baustein implementiert ist. Im Rahmen der Einführungsaufgabe wird auf einen (2) Steckbrief zum Heurismus verwiesen, welcher den Schülerinnen und Schülern kurz und knapp die wesentlichen Elemente des jeweiligen Heurismus skizziert. Die (3) Übungsaufgaben zum jeweiligen Heurismus werden durch (4) eine formative Überprüfungsaufgabe (vgl. Abbildung 5) ergänzt, welche durch die Lehrkräfte kontrolliert wird, um den Schülerinnen und Schülern gezielt Feedback zu vorhandenen Stärken und Schwächen sowie

6 Im Rahmen des Seminar-kontexts setzen sich die Wissenschaftler/-innen mit jedem Unterrichtsentwurf der Studierenden auseinander. Jede Entwicklungsteamlehrkraft setzt sich jedoch nur mit genau einem Unterrichtsentwurf inkl. Unterrichtsmaterial auseinander – den/das für ihre eigene Klasse.

Tipps zur lernförderlichen Weiterarbeit geben zu können. Der (5) Aufgabenpool enthält weitere Übungsaufgaben auf drei unterschiedlichen Anforderungsniveaus, sodass die Arbeit an vertiefenden Übungsaufgaben differenziert für Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Leistungsniveaus möglich ist. Abgerundet wird der Baustein durch (6) eine summative Testaufgabe, welche der Lehrkraft eine Rückmeldung zum Leistungsstand der Schülerin bzw. des Schülers gibt und somit eine Bewertung der selbstständigkeitsorientierten Arbeit mit den Unterrichtsbausteinen ermöglicht.

Im Entwicklungsteam Mathematik sind seit Mai 2017 bereits drei Unterrichtsbausteine fertiggestellt sowie ein weiterer konzipiert, jedoch noch nicht pilotiert worden: Den Einstieg in das Problemlösen bildet ein Unterrichtsbaustein, welcher die Schülerinnen und Schüler im zweiten Halbjahr der fünften Klasse an die vier Schritte des Problemlösens nach Pólya (1945) heranführen sowie bei der Bearbeitung erster, einfacher Problemlöseaufgaben unterstützen soll. In Klasse 6 lernen die Schülerinnen und Schüler im ersten Halbjahr das Vor- und Rückwärtsarbeiten⁷ (vgl. Abb. 4 und 5) kennen und anwenden. Im zweiten Halbjahr der sechsten Klasse werden neben der Strategie des systematischen Probierens⁸, die zwei Hilfsmittel Tabelle und informative Figur bzw. Skizze eingeführt. Im Sommersemester 2018 wurden durch die Studierenden bereits Unterrichtsbausteine zum Zerlegen und Ergänzen⁹ erstellt. Die Pilotierung der überarbeiteten Materialien erfolgt im Wintersemester 2018/2019.

7 Beim Vorwärtsarbeiten wird bei dem Gegebenen gestartet und sich Schritt für Schritt zum Endzustand, also zum Gesuchten, vorgearbeitet. Das Rückwärtsarbeiten verläuft in die andere Richtung: Vom Gesuchten wird sich nach und nach zum Anfangszustand zurückgearbeitet.

8 Im Gegensatz zum Ausprobieren, bei welchem häufig nicht (alle) Lösungsmöglichkeiten gefunden werden, erfolgt das systematische Probieren strukturiert und systematisiert.

9 Beim Zerlegungs- und Ergänzungsprinzip wird eine Aufgabe in Teilaufgaben zerlegt oder Figuren werden zerlegt oder ergänzt, sodass zunächst die Teilaufgaben gelöst werden und die Ergebnisse anschließend zu einem Gesamtergebnis zusammengesetzt werden können.

5 Begleitevaluation – Ein Einblick

Im Rahmen der projektbegleitenden Evaluation sind sowohl die Expertise der Lehrkräfte des Entwicklungsteams als auch diejenige der im konzipierten Seminar involvierten Studierenden untersucht worden. Während über einen halbjährig durchgeführten Fragebogen die Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Entwicklungsteamlehrkräfte in Bezug auf das mathematische Problemlösen erfasst worden sind, umfasste die Pre-Post-Erhebung der Studierenden im Paper-Pencil-Format darüber hinaus Items zur Erfassung ihres fachlichen sowie fachdidaktischen Wissens.

Die Auswertungen des Wissenstests sowie des Fragebogens zeigen eine signifikant positive Veränderung in den Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden und im Bereich ihres fachlichen sowie fachdidaktischen Wissens zum Problemlösen. Die Entwicklungsteamlehrkräfte weisen hingegen keine signifikanten Veränderungen in ihren Einstellungen oder Selbstwirksamkeitserwartungen über einen Zeitraum von zwei Jahren auf. Ein möglicher Grund hierfür könnte die durch die Lehrkräfte geäußerte zunehmende Unsicherheit in Bezug auf den Umgang mit der Heterogenität ihrer Schülerinnen und Schüler im Unterrichtsgeschehen darstellen. So wurde im Herbst 2016 mathematischer Problemlöseunterricht¹⁰ von einer der sechs Entwicklungsteamlehrkräfte per Video aufgezeichnet. Das Ziel dieser Videoaufzeichnung bestand in der Herausarbeitung von Problemen in Bezug auf das Unterrichten mathematischen Problemlösens. Um das Unterrichtsgeschehen in seiner gesamten Breite erfassen zu können, hat sich das Entwicklungsteam für eine multiperspektivische Aufnahme via Multiview¹¹ entschieden. Die Aufnahmen haben ergeben, dass eine große Schwachstelle des Unterrichts in der Interaktion zwischen Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern besteht und insbesondere die Adaptivität ihrer Interventionen in Bezug auf den jeweiligen Kenntnisstand ihrer Schülerinnen und Schüler ein Problem bei der Realisierung von Problemlöseunterricht darstellt.

10 Im Fokus der Stunde stand die Erarbeitung der PISA-Aufgabe „31-Cent“ nach dem Prinzip des „Think-Pair-Share“.

11 Multiview ist ein an der Leuphana entwickeltes System zur multiperspektivischen Videoaufzeichnung von Lehrsituationen, z.B. schulischem Unterricht. Zusätzlich zur Lehrkräftekamera und zwei Vogelperspektiven werden Tischgruppen mit einzelnen Kameras sowie Aufnahme-geräten ausgestattet, sodass Interaktionen zwischen Schülerinnen und Schülern genauso detailliert analysiert werden können, wie ihre Interaktionen mit der Lehrkraft. Im multiperspektivischen Videoplayer können die unterschiedlichen Perspektiven gleichzeitig oder nacheinander beobachtet und der Analyse zugänglich gemacht werden. Unterrichtsmaterialien (Schülerlösungen, Verlaufsplanung) sowie ein retrospektives Interview mit der Lehrkraft komplettieren den Datenkorpus auf der Plattform. Mehr Informationen und Zugang unter multiview.leuphana.de.

Die Aufnahmen aus 2016 ermöglichen keine detailliert(er)e Auswertung der Situationen, da die beobachteten Interaktionen insbesondere im Rahmen von Einzelarbeitsphasen stattgefunden haben und die Lösungsprozesse sowie die auftretenden Probleme der Schülerinnen und Schüler daher nicht tiefergehend analysiert werden konnten. Zur Identifikation möglicher Schwachstellen in den Interaktionen und zur Entwicklung möglicher Verbesserungspotenziale hat sich das Entwicklungsteam Mathematik dazu entschieden, im Mai 2018 erneut Multiview-Aufnahmen von mathematischem Problemlöseunterricht aufzeichnen zu lassen. Hierbei haben alle sechs Entwicklungslehrkräfte eine im Rahmen von Entwicklungsteamtreffen festgelegte Problemlöseaufgabe in einer Gruppenarbeit bearbeiten lassen und in Anlehnung an das Prinzip der minimalen Hilfe (Aebli 1994)¹² sowie das Modell der gestuften Hilfen nach Zech (2002)¹³ die Schülerinnen und Schüler in ihrem Lösungsprozess unterstützt. Die Auswertung der Interaktionen erfolgt im Rahmen einer im Projekt entstehenden Dissertation und mündet in der Erstellung eines multiperspektivischen Videobausteins zur Förderung situativer Kompetenzen der Studierenden in der o.g. Lehrveranstaltung.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Seit der Gründung des Entwicklungsteams Mathematik im Mai 2016 wurde von sechs Lehrkräften sowie zwei Wissenschaftlern/-innen der Leuphana Universität Lüneburg ein Theorie-Praxis-Seminar zum Auf- und Ausbau von Lehrkräfteexpertise sowie Planungskompetenzen im Bereich des mathematischen Problemlösens entwickelt, pilotiert und kontinuierlich weiterentwickelt. Im Rahmen dieses Seminars wurden für einige Heuristiken exemplarisch schulische Unterrichtsbausteine zur Förderung von Problemlösekompetenzen entwickelt, pilotiert und reflektiert, welche im Anschluss im Entwicklungsteam Mathematik überarbeitet, erneut pilotiert und komplettiert wurden. Durch diese Herangehensweise wurde ein Theorie-Praxis-Kreislauf etabliert, der ein hohes Entwicklungspotenzial für die Zukunft verspricht: Lehrkräfte werden an der Konzeption von universitären Lehrformaten beteiligt – die Lehrformate

12 Lehrpersonen, die sich an dem Prinzip der minimalen Hilfe orientieren, helfen den Lernenden immer nur in dem Grade, wie es – sachlich und situativ – unbedingt erforderlich ist. Sie überlassen die Lernenden nicht sich selbst, doch sie vermeiden es, Abhängigkeit und Konsumentenhaltung bis hin zu Passivität und „erlernter Hilfslosigkeit“ entstehen zu lassen (Aebli 1994: 300ff.)

13 Zech unterscheidet in seiner Taxonomie fünf mögliche Lernhilfen beim Problemlösen, wobei der Grad der Hilfestellung graduell zunimmt: Motivationshilfen, Rückmeldungshilfen, allgemein-strategische Hilfen, inhaltsorientierte strategische Hilfen und inhaltliche Hilfen (Zech 2002: 315ff).

(angeleitet von den Wissenschaftlern/-innen und von den Lehrkräften) befähigen Studierende, kompetenzorientierten Mathematikunterricht durchzuführen – die Studierenden entwickeln auf Basis der geförderten Kompetenzen Lehr-Lern-Arrangements, diese werden durch die beteiligten Lehrkräfte selbst an den Campusschulen pilotiert und anschließend gemeinsam mit den Entwicklungsteamakteuren/-innen reflektiert – und die so gewonnenen Erkenntnisse werden als Ausgangspunkt für weiterführende Bearbeitungen im Entwicklungsteam genutzt. Die Zusammenarbeit im Entwicklungsteam bietet somit für alle Akteursgruppen die Möglichkeit, neue Kompetenzen zu erwerben – sowohl in fachlicher als auch in didaktischer und pädagogischer Sicht. Auf diesem Wege können neue Perspektiven kennengelernt und Lösungswege erarbeitet werden, die sich sonst von selbst vielleicht nicht entwickelt hätten (Fussangel/Gräsel 2009: 122).

Während das neu entstandene universitäre Lehrformat bereits den angestrebten Erfolg, den Auf- und Ausbau der Expertise angehender Mathematiklehrkräfte im Bereich des Problemlösens, erzielt, besteht in Bezug auf die Veränderungen in der schulischen Praxis weiter Handlungsbedarf: Die entwickelten Unterrichtsbausteine sind zwar bereits in den Unterricht der involvierten Entwicklungsteamlehrkräfte integriert worden, derzeit arbeitet das Entwicklungsteam jedoch an einer Strategie zur flächendeckenden Implementation der Unterrichtsbausteine in allen Klassen der drei Campusschulen sowie darüber hinaus an weiteren Schulen im Landkreis Lüneburg.

7 Literatur

- Aebli, Hans (1994): Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Blum, Werner (2001): Was folgt aus TIMSS für Mathematikunterricht und Mathematiklehrausbildung. In: B. f. B. u. Forschung (Hrsg.): TIMSS Impulse für Schule und Unterricht. Bonn: BMBF Publik, S. 75-83.
- Bruder, Regina (2002): Lernen, geeignete Fragen zu stellen. Heuristik im Mathematikunterricht. In: Mathematik lehren 115, S. 4-8.
- Bruder, Regina/Collet, Christina (2011): Problemlösen lernen im Mathematikunterricht. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Bruder, Regina et al. (Hrsg.) (2017): LEMAMOP – Lerngelegenheiten für mathematisches Argumentieren, Modellieren und Problemlösen. Lehrermaterialien, Schülermaterialien und Lösungen. Braunschweig: Westermann.
- Collet, Christina (2009): Förderung von Problemlösekompetenzen in Verbindung mit Selbstregulation. Wirkungsanalysen von Lehrerfortbildungen. Münster: Waxmann.
- Dörner, Dietrich (1979): Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart: Kohlhammer.

- Drexhage, Julia et al. (2016): The Connected Classroom – Using Video Conferencing Technology to Enhance Teacher Training. In: *Reflecting Education* 10, 1, pp. 70-88.
- Fraefel, Urban (2018): Hybride Räume an der Schnittstelle von Hochschule und Schulfeld. Ein zukunftsweisendes Konzept der Professionalisierung von Lehrpersonen. In: Pilypaitytė, Lina/Siller, Hans-Stefan (Hrsg.): *Schulpraktische Lehrerprofessionalisierung als Ort der Zusammenarbeit*. Wiesbaden, s.l.: Springer Fachmedien, S. 13-44.
- Fritzlar, Torsten (2004): Analyzing Math Teacher Students' Sensitivity for Aspects of the Complexity of Problem Oriented Mathematics Instruction. In: Rehlich, Hartmut (Ed.): *Problem Solving in Mathematics Education: Proceedings of an International Symposium in September 2003*. Hildesheim: Verlag Franzbecker, pp. 19-36.
- Fussangel, Kathrin/Gräsel, Cornelia (2009): Die Kooperation in schulübergreifenden Lerngemeinschaften. Die Arbeit der Sets im Projekt "Chemie im Kontext". In: Maag Merki, Katharina (Hrsg.): *Kooperation und Netzwerkbildung. Strategien zur Qualitätsentwicklung in Einzelschulen*. Seelze: Kallmeyer, S. 120-131.
- Girmes, Renate (2006): Lehrprofessionalität in einer demokratischen Gesellschaft. Über Kompetenzen und Standards in einer erziehungswissenschaftlich fundierten Lehrerbildung. In: Terhart, Ewald/Allemann-Ghionda, Christina (Hrsg.): *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf*. Zeitschrift für Pädagogik. 51. Beiheft. Weinheim: Beltz Verlag, S. 14-29.
- Gräsel, Cornelia/Fussangel, Kathrin/Pröbstel, Christian (2006): Lehrkräfte zur Kooperation anregen – eine Aufgabe für Sisyphos? In: *Zeitschrift für Pädagogik* 52, 2, S. 205–219.
- Herold-Blasius, Raja/Rott, Benjamin/Leuders, Timo (2017): Problemlösen lernen mit Strategieschlüsseln. Zum Einfluss von flexiblen heuristischen Prompts bei Problemlöseprozessen von Dritt- und Viertklässlern. In: *Mathematica Didactica* 40, online first.
- Klieme, Eckhard/Hartig, Johannes (2007): Kompetenzkonzepte in den Sozialwissenschaften und im erziehungswissenschaftlichen Diskurs. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 10, Sonderheft 8, S. 11-29.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2003): *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Kuzle, Ana/Gebel, Inga (2016): Development of Materials for Problem Solving Instruction in the Context of Lessons for Promoting and Improving Specific Mathematical Competences Using Design Based Research. In: Fritzlar, Torsten/Assmuss, Daniela/Bräuning, Kerstin/Kuzle, Ana/Rott, Benjamin (Ed.): *Problem Solving in Mathematics Education. Proceedings of the 2015 Joint Conference of ProMath and the GDM Working Group on Problem Solving*. *Ars Inveniendi et Dejudicandi* 6. Münster: WTM-Verlag, pp. 159-172.
- Leiss, Dominik/Blum, Werner (2006): Beschreibung zentraler mathematischer Kompetenzen. In: Blum, Werner/Drüke-Noe, Christina/Hartung, Ralph/Köller, Olaf (Hrsg.): *Bildungsstandards Mathematik: konkret*. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 33-50.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2014): *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V)*, PISA, OECD Publishing.

- Paechter, Manuela et al. (2012): Handbuch kompetenzorientierter Unterricht. Weinheim/Basel: Beltz.
- Pilypaitytė, Lina/Siller, Hans-Stefan (2018): Hybrid Spaces – Zusammenarbeit zwischen Universität, Schulen und Studienseminaren zum Zweck der Lehrerprofessionalisierung. In: Pilypaitytė, Lina/Siller, Hans-Stefan (Hrsg.): Schulpraktische Lehrerprofessionalisierung als Ort der Zusammenarbeit. Wiesbaden, s.l.: Springer Fachmedien, S. 1-12.
- Pólya, George (1945): How to solve it. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Reusser, Kurt (2014): Kompetenzorientierung als Leitbegriff der Didaktik. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 32, 3, S. 325–339.
- Reusser, Kurt/Fraefel, Urban (2017): Die berufspraktischen Studien neu denken. Gestaltungsformen und Tiefenstrukturen. In: Fraefel, Urban/Seel, Andrea (Hrsg.): Konzeptionelle Perspektiven Schulpraktischer Studien. Partnerschaftsmodelle – Praktikumskonzepte – Begleitformate. Münster, New York: Waxmann, S. 11-42.
- Rott, Benjamin (2013): Mathematisches Problemlösen – Ergebnisse einer empirischen Studie. Münster: WTM Verlag.
- Sturm, Nina (2018): Problemhaltige Textaufgaben lösen. Einfluss eines Repräsentationstrainings auf den Lösungsprozess von Drittklässlern. Wiesbaden: Springer.
- Tschekan, Kerstin (2011): Kompetenzorientiert unterrichten: Eine Didaktik. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Zech, Friedrich (2002): Grundkurs Mathematikdidaktik. Theoretische und praktische Anleitungen für das Lehren und Lernen von Mathematik. Weinheim: Beltz.