

Unified Education: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette

Maßnahmen im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung der TU Kaiserslautern

Martin Bracke, Claudia Gómez Tutor, Jochen Kuhn und Stefan Ruzika

Dieser Artikel stellt das Projekt „Unified Education: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette (U.EDU)“ vor. Im Fokus dieses fächerübergreifenden Projekts, das im Rahmen der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ an der Technischen Universität Kaiserslautern durchgeführt wird, steht die Professionalisierung von Lehrkräften im Umgang mit digitalen Medien.

Das Forschungsprojekt U.EDU

Das Projekt „Unified Education: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette (U.EDU)“ der TU Kaiserslautern (TUK) zielt auf die Weiterentwicklung der Lehrerbildung durch ein auf alle Phasen bezogenes Professionalisierungskonzept zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien ab. Im Projekt wird fachbereichsübergreifend an den verschiedenen Themen gearbeitet, wobei auch die externen Kooperationspartner (Netzwerkschulen der TUK, Studienseminare, Pädagogisches Landesinstitut für die Lehrkräftefortbildung) eingebunden werden. Ziel ist es, digitale Medien als Element der Hochschullehre, insbesondere in der universitären Lehramtsausbildung auszubauen und entsprechende Lehrangebote zu erhöhen, Fort- und Weiterbildungsprogramme für die dritte Phase der Lehrkräftebildung weiterzuentwickeln und eine nachhaltige und konsequente Integration und Verwendung digitaler Medien in Forschung und Lehre in allen Fächern zu etablieren.

Insgesamt steht modellhaftes, innovatives Lehren und Lernen mit mobilen, aus dem Alltag bekannten Kommunikationsmedien im Mittelpunkt. Umgesetzt wird dies in 13 Teilprojekten, deren Fokus auf zwei Ergebnisfelder gerichtet ist:

- a. Die Entwicklung und Erprobung von Lehr-Lernkonzepten umfasst deren Erstellung in Kombination mit Material zur Implementierung in bereits bestehende Seminarkonzepte, weiterhin Konzepte für einzelne Unterrichts- und Lehrereinheiten sowie neue Gesamtkonzepte für Seminare. Diese Konzepte und Materialien werden später auf der Plattform TU.L.P. zur Verfügung stehen.
- b. Die technische Entwicklung und Umsetzung sowie die didaktische Entwicklung und Erstellung von Tools und begleitendem Material zielt einerseits auf die Verbesserung des fachwissenschaft-

lichen und des fachdidaktischen Wissens und andererseits auf die Selbstreflexion, vor allem aus der Perspektive der Bildungswissenschaften.

U.EDU bearbeitet daher Forschungs-, Entwicklungs- und Lehrprojekte zum Thema Lehren und Lernen in und mit digitalen Medien, vorrangig im MINT-Bereich. Die Teilprojekte sind auf die drei Arbeitsfelder „Unterrichtskonzepte“, „Ausbildungskonzepte“ und „Fort- und Weiterbildungskonzepte“ verteilt. Das Arbeitsfeld 01 (Unterrichtskonzepte) befasst sich mit der Entwicklung, Implementation und Erforschung von Unterrichtskonzepten und Methoden mit mobilen, digitalen Kommunikationstechnologien. Die entwickelten Konzepte werden im Schulunterricht erprobt und durch begleitende berufsfeldbezogene Forschung flankiert. Zur Initiierung und Unterstützung des Professionalisierungsprozesses werden im Arbeitsfeld 02 (Ausbildungskonzepte) universitäre Ausbildungskonzepte (weiter-)entwickelt, die eine Unterrichtsgestaltung mit digitalen Technologien in den Blick nehmen. Der effektive Medieneinsatz wird unter Aspekten der Professionalisierung in der universitären Lehre weiter erprobt und untersucht. Die Entwicklung von medienbasierten Angeboten im Bereich der Lehrkräftefort- und -weiterbildung steht im Arbeitsfeld 03 (Fort- und Weiterbildungskonzepte) im Zentrum, z. B. die Entwicklung der berufsbiographischen Kompetenzen von Lehrkräften und der fachdidaktischen Kompetenzen zum Lehren und Lernen mit digitalen Kommunikationsmedien.

Insgesamt adressieren die Teilprojekte alle Phasen der Lehrkräftebildung (vertikale Vernetzung). Daneben spielt die interdisziplinäre Kooperation zwischen Fachwissenschaften, Fachdidaktiken und Bildungswissenschaften eine zentrale Rolle (horizontale Vernetzung). Medienbildung wird damit als Quer- und Längsschnittthema strukturell und inhaltlich konsequent in der Lehrkräftebildung verankert.

Im Folgenden werden zwei Teilprojekte exemplarisch herausgegriffen und näher vorgestellt.

Das Projekt „HyperMind“

Das Schulbuch gilt nach wie vor als „Leitmedium“ des Schulunterrichts, mit dem eine große bildungspolitische und gesellschaftliche Relevanz verbunden wird (Bölsterli & Bardy, 2015). Die gezielte

Entwicklung von Schulbüchern ist traditionell ein zentraler Parameter für erfolgreiche Reformen im Bildungssystem (Oelkers, 2010). Allerdings sind herkömmliche Lehrbücher eher träge Medien, die Lernmöglichkeiten einschränken und auf Annahmen entweder der besten durchschnittlichen Schülerin oder des besten durchschnittlichen Schülers basieren. Bis heute fehlt ein adaptives System, das ein mediales, interaktives Schulbuch zu einem intelligenten Schulbuch macht, welches individuelle Bedürfnisse, Kompetenzen und Voraussetzungen berücksichtigt.

HyperMind stellt ein solches „antizipierendes“, digitales Schulbuch dar, das die Lernmaterialien und Instruktionen adaptiv und dynamisch auf einem mobilen Tablet-Computer zur Verfügung stellt. Die statische Struktur des klassischen Buches wird aufgelöst, Buchinhalte werden portioniert und die resultierenden Wissensbausteine assoziativ verlinkt. Zusätzlich werden die Bausteine mit multimedialen Lerninhalten ergänzt, die auf Basis von Aufmerksamkeits(blick-)daten abrufbar sind. Sowohl statische als auch dynamische, multimediale Repräsentationen – wie Geräusche, eingeblendete Bilder oder Filmsequenzen – bereichern damit das individuelle Bearbeiten des Schulbuchinhaltes und vereinen gleichzeitig das Angebot individuellen, adaptiven Lernens mit den Vorzügen verschiedener Medien (z. B. Schrift, Film). Dazu setzt HyperMind an der Mikroebene eines Schulbuches an, die verschiedene Darstellungsformen, sog. multiple externe Repräsentationen (MER), wie z. B. den Schulbuchtext mit einem gewissen Anteil an Fachbegriffen, Formeln, Diagrammen oder Bildern enthält.

Vor allem in mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulbüchern sind MER (wie Texte, Diagramme, Formeln, etc.), dynamisch oder statisch, sehr bedeutend, deren wichtige Rolle für naturwissenschaftliches Denken und Lernen für die Naturwissenschaften (allgemein: Tytler et al., 2013; Biologie: Tsui & Treagust, 2013; Chemie: Gilbert & Treagust, 2009; Physik: Docktor & Mestre, 2014; Treagust et al., 2017) sowie für die Mathematik (Even, 1998) gut belegt ist. Insbesondere hat der kompetente Umgang mit MER große Bedeutung z. B. für konzeptuelles Verständnis (Van Heuvelen & Zou, 2001; Hubber et al., 2010), „construction and reconstruction of meaning“ (Opfermann et al., 2017), schlussfolgerndes Denken („reasoning“, Van Heuvelen, 1991; Plötzner & Spada, 1998; Verschaffel et al., 2010), Problemlösen (Kohl & Finkelstein, 2005; Verschaffel et al., 2010) und Kreativität (Schnotz, 2010). Vor diesem Hintergrund wird deutlich, warum diese Kompetenz für MINT-Fächer allgemein als notwendige Bedingung für die Bildung eines tieferen Verständnisses (diSessa, 2004; Kohl & Finkelstein, 2005) diskutiert wird. Etkina et al. (2006) nennen

sie sogar als erste von sieben disziplinspezifischen Fähigkeiten, die ausgebildet werden sollten. Der großen Bedeutung des Lernens mit MER stehen Forschungsbefunde entgegen, die darauf hinweisen, dass kompetenter Umgang mit Repräsentationen eine erhebliche Schwierigkeit für Lernende darstellt (Ainsworth et al., 2002). Empirische Belege hierfür gibt es von der Primarstufe (Ainsworth et al., 2002) über die Sekundarstufen (Scheid et al. 2017) bis zum universitären Niveau (Nieminen et al. 2010). Vor diesem Hintergrund einer zugleich zentralen wie schwierig zu erwerbenden Voraussetzung fachspezifischen Denkens fokussiert HyperMind auch darauf, ob und in welchem Umfang der Erwerb von Repräsentationskompetenz durch eine sensorbasierte, dynamisch-adaptive, individuelle Bereitstellung adäquater Darstellungsformen gefördert werden kann. Dieses Potenzial lässt sich kognitionspsychologisch durch das DeFT-Framework (Design, Function, Tasks; Ainsworth, 2002) und die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML; Mayer, 2009) begründen, die Lernen als Integrationsprozess von visuell-bildhaften und textbasierten Informationen in eine kohärente mentale Struktur versteht.

HyperMind arbeitet mit Aktivitätserkennung bei Schülerinnen und Schülern (z. B. Erkennung von Arbeitsbelastung, Über- oder Unterforderung, Verständnisproblemen und Interesse) und bietet damit die Möglichkeit, dynamisch generierte Inhalte individuell sowie kontextoptimiert zur Verfügung zu stellen. Zudem lassen sich Wirkungsgrad von und Nachfrage nach bestimmten Inhalten auf diese Weise verifizieren. Zentraler Sensor für die Aktivitätserkennung ist ein Eye-Tracker zur Erfassung der Blickposition und der sakkadischen Blickpfade der Lernenden. Daneben kommen auch ein Sensorstift zur Repräsentationserkennung, eine Wärmebildkamera zur validierten Identifikation kognitiver Belastung, Smartwatches zur Messung von Pulsfrequenzen und HMD (Head-Mounted Display) für Instruktionen zum Einsatz.

Die Integration und Präsentation dieser multimedialen Inhalte erfolgt dabei unter Berücksichtigung der CTML. Durch aktive Informationsverarbeitung sollen die kohärente Verwendung und die Konstruktion multipler mentaler Repräsentationen gefördert werden. Der kompetente Umgang mit solchen multiplen Repräsentationen wie Bildern, Diagramme, Formeln und Vektoren, also die Fähigkeiten externe Darstellungsformen zu interpretieren, selbstständig zu erzeugen und zwischen verschiedenen Darstellungen flexibel und zielgerichtet zu wechseln (De Cock, 2012), werden unter dem Begriff der (konzeptionellen) „Repräsentationskompetenz“ zusammengefasst (Kohl & Finkelstein, 2005; Rau, 2017; Klein et al., 2017).

Die Entwicklung eines antizipierenden Schulbuchs weist auf die Möglichkeiten hin, individualisierte Lernprozesse und die Entwicklung von Repräsentationskompetenz zu gestalten und damit die Qualität von Unterricht zu erhöhen. Dies zeigt gleichzeitig auf, welche Herausforderungen sich auf der Ebene der Unterrichtsentwicklung ergeben und macht deutlich, wie wichtig eine Kompetenzentwicklung in allen drei Phasen der Lehrkräftebildung ist.

Das Projekt „MINTerdisciplinarity“

Das Projekt MINTerdisciplinarity aus dem Arbeitsfeld 02, „Ausbildungskonzepte“ zielt auf eine verbesserte Vorbereitung von Lehramtsstudierenden der TUK sowie von Lehrerinnen und Lehrern auf interdisziplinäre MINT-Projekte. Teilnehmerinnen und Teilnehmer können MINT-Modellierungsprojekte planen und anschließend mit Schülerinnen und Schülern an Schulen in Rheinland-Pfalz umsetzen.

Ausgangspunkt für das Projekt waren die Erfahrungen aus vielen Modellierungsprojekten, die am Fachbereich Mathematik der TUK durch das Kompetenzzentrum für mathematische Modellierung in MINT-Projekten in der Schule (KOMMS) durchgeführt wurden – und viele Gespräche mit und Rückmeldungen von Lehrkräften: Komplexe Modellierungsprojekte mit offenen, realen Fragestellungen können von Schülerinnen und Schülern erfolgreich bearbeitet werden. Dabei wird der hohe Realitätsgrad als motivierend und die Komplexität sehr oft als herausfordernd und spannend wahrgenommen. Lehrkräfte beobachten die zumeist sehr positiven Ergebnisse und Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler und sehen auch einen Gewinn in dieser Art der Arbeit. Allerdings trauen sich sehr viele Lehrkräfte nicht zu, komplexe und offene Fragestellungen selbst in ihrem Unterricht zu nutzen und zu betreuen. Noch weniger sehen sie sich selbst in der Lage, derartige Fragestellungen zu entwickeln und in eigenen Projekten in der Schule umzusetzen. Zwei wesentliche Ziele von MINTerdisciplinarity waren daher, zum einen Gründe für die geschilderten Schwierigkeiten zu finden und zum anderen, geeignete Maßnahmen zur Überwindung der Hemmnisse zu entwickeln und zu erproben.

Das Grundkonzept von MINTerdisciplinarity besteht aus zweitägigen Fortbildungsveranstaltungen beziehungsweise einer äquivalenten, siebenwöchigen Seminarreihe mit Sitzungen à 90 Minuten Länge, in denen Studierende und Lehrkräfte sowohl inhaltlich als auch methodisch auf die Umsetzung eines oder mehrerer MINT-Projekte an Schulen mit Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 10 bis 13 vorbereitet werden. Durch die Aufbereitung

der Vorbereitungsseminare mit Studierenden und Lehrkräften wird auch eine Verknüpfung zwischen der ersten und dritten Phase der Lehrerbildung ermöglicht – mit dem Ziel, dass Studierende einen Einblick in den Schulalltag erhalten und Lehrkräfte zusammen mit Studierenden tiefergehende inhaltliche Fortbildungsinhalte gemeinsam für Schülerinnen und Schüler aufarbeiten und umsetzen. Während der Seminare und Fortbildungen werden den Teilnehmenden die interdisziplinären Hintergründe vorgestellt, die ihnen oft nicht (vollständig) bekannt sind. Weiter werden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, wie sie Smartphones, Tablets, oder Laptops einsetzen können, um interdisziplinäre MINT-Projekte für Schülerinnen und Schüler abwechslungsreich und praxisnah zu gestalten. Als ein Beispiel für ein solches interdisziplinäres MINT-Projekt dient hierbei die Untersuchung der Funktionsweise eines Segways: Der Regelungsprozess eines Segways wird dabei zunächst physikalisch beschrieben. Anschließend gelangt man – ausgehend von der physikalischen Beschreibung – zu einem mathematischen Modell, in dem anschließend verschiedene Konzepte zur Regelung getestet und Lösungskriterien für die mathematische Regelung erarbeitet werden. Optional kann das Projekt durch eine anschließende praktische Regelung eines selbstgebauten Lego Mindstorms® Segways abgerundet werden.

Innerhalb des Projekts zur Regelung eines Segways zeigt sich oft der Einsatz von GeoGebra-Simulationen als gewinnbringend, um den beobachteten Regelungsprozess des Segways rekonstruieren zu können. In einem nächsten Schritt besteht die Möglichkeit, einen Lego Mindstorms® Segway zu konstruieren und mit Hilfe verschiedener Softwaremöglichkeiten so zu programmieren, dass dieser sich in seiner Ruhelage stabilisiert. Somit kann eine Verknüpfung zwischen der Simulation und dem realen Regelungsprozess am Beispiel des Lego Mindstorms® Segways verwirklicht werden, die sehr wichtig für ein tiefes Verständnis der beteiligten Konzepte ist. Weiterhin können innerhalb des Projekts mit Hilfe der App „Viana“ auf Tablet-PCs verschiedene Bewegungsprozesse des Segways, beispielsweise das Fahren entlang einer Kurve oder eines Kreises videographiert werden. Anschließend werden die über eine Farb- oder Bewegungserkennung generierten Daten mathematisch und physikalisch analysiert. Durch den Einsatz von digitalen Medien werden so verschiedene interdisziplinäre MINT-Projekte zum Kontext Segway ermöglicht, die in unterschiedlichen Klassenstufen unterrichtet werden können. Die Erfahrung während der Projektlaufzeit hat gezeigt, dass insbesondere die Kooperation zwischen Lehramtsstudierende und den im Beruf stehenden Lehrkräften für beide Sei-

ten auf verschiedenen Ebenen sehr gewinnbringend war.

Im Rahmen der in das Projekt integrierten Forschungsarbeit wurde eine Interviewstudie mit 13 Teilnehmenden durchgeführt (10 Lehrkräfte sowie 3 Lehramtsstudierende), um die Wirksamkeit der zweitägigen Fortbildung bezüglich der Umsetzung von interdisziplinären MINT-Projekten zu erforschen. Dabei konnten Gelingensfaktoren für eine erfolgreiche Umsetzung extrahiert werden. Die Forschungsergebnisse werden im Rahmen einer Dissertation im Sommer 2019 veröffentlicht.

Weiterführung der Forschung: U.EDU-2

Im Fokus von U.EDU-2 steht die Weiterentwicklung und Umsetzung eines Medienbildungskonzepts zum Aufbau von Medienkompetenzen bei Lehrenden und Lernenden und zur Verbesserung von Lehr-Lernangeboten durch den Einsatz von digitalen Medien. Das Konzept basiert auf der „Strategie der Kultusministerkonferenz – Bildung in einer digitalen Welt“. Medienbildung meint in diesem Zusammenhang die aktive Auseinandersetzung mit Medien, in dessen Verlauf eine kritisch-reflexive Haltung zu Medien und ihrem Einsatz gegenüber eingenommen wird.

Hiervon ausgehend zielt U.EDU-2 darauf ab, das Lehren und Lernen mit digitalen Medien auszubauen, entsprechende Lehrangebote für Schule, Unterricht und Lehrkräftebildung zu entwickeln sowie eine forschungsorientierte Evaluation durchzuführen. Zentral sind auch hier wieder die Entwicklung, Implementation und Erforschung von Unterrichts- und Lehrkonzepten sowie Methoden mit digitalen Kommunikationstechnologien. Die unter Studierendenbeteiligung entwickelten Konzepte sind interdisziplinär angelegt und werden im Schulunterricht erprobt und durch begleitende berufsfeldbezogene Forschung flankiert. Ziele sind u. a. die Entwicklung eines adaptiven Lern- und Diagnosesystems für den Bereich Analysis in der Sekundarstufe II zur Unterstützung eines differenzierenden Unterrichts sowie für die universitäre Lehramtsausbildung sowohl die Entwicklung und Erprobung von Lehrkonzepten zur Erstellung individualisierter digitaler Arbeitsblätter für naturwissenschaftliche Unterrichtsfächer als auch den Aufbau von Kompetenzen zum Umgang mit einem antizipierenden Schulbuch bzw. zur Interpretation multipler Datenquellen im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Das Projekt „HyperMind2“

HyperMind bietet antizipierende Lehrtexte an, die sich nach den Bedürfnissen und Interessen der Lernenden richten, welche sensorbasiert erfasst wer-

den. Als Sensoren werden Eye-Tracker für die Blickverfolgung und Thermalkameras zur Erfassung der Belastung/Anstrengung genutzt. Bisher standen bei HyperMind Fragen zur Praktikabilität, Nutzerverhalten und die Untersuchung der Lernwirksamkeit gegenüber traditionellen (nicht-adaptiven) Lehrtexten auf Schülerebene im Physikunterricht der 8. und 10. Klassen im Vordergrund, die positiv beantwortet wurden (Ishimaru, 2018). Im Folgeprojekt HyperMind2 wird es erstens darum gehen, fachübergreifende Inhalte für Mathematik sowie für jüngere Lernende der 5. und 6. Jahrgangsstufen im Fach Naturwissenschaften (Nawi) zu entwickeln und zweitens die Daten der Lernenden in Echtzeit der Lehrkraft bereitzustellen, sodass diese individuelle Lernfortschritte verfolgen und Interventionsmaßnahmen einleiten kann.

Das Einsatzszenario wird damit realitätsnäher gestaltet, Studien im Klassenverband werden möglich. Neben der technischen Umsetzung, Daten mehrerer Nutzer zeitsynchron auf einen zentrales Gerät zu übertragen, besteht die fachdidaktische Aufgabe darin, (angehende) Lehrkräfte bzgl. der Interpretation und dem Umgang mit den dargebotenen Daten zu schulen. Damit schließt HyperMind2 die Lehrkraft als wichtige Zielgruppe in die Wirksamkeitsuntersuchungen ein und knüpft an dem allgemeinen Ziel an, digitale Medien im Bildungsbereich gewinnbringend zu integrieren. In der universitären Lehrkräfteausbildung ist das Projekt dabei curricular verankert, wobei zudem auch 1-tägige Lehrerfortbildung angeboten werden. Um die technologischen Rahmenbedingungen zu gewährleisten finden die zugehörigen Seminare im Immersive Quantified Learning Lab des Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (<http://iql-lab.de/>) statt. Die Einbindung in die Lehrkräftebildung erfolgt nach dem TPACK-Ansatz (Koehler & Mishra, 2006) und dem EU-DigiComp Rahmen (EU, 2017). Folgende Fragestellungen stehen dabei im Zentrum: Wie müssen sensorbasierte Messdaten aufbereitet werden, um eine bestmögliche Interpretationsgelegenheit für Lehrkräfte zu gewähren? Welche Rückschlüsse lassen sich aus den im Klassenverband gesammelten Daten auf die Lerngruppe resp. auf Individuen ziehen und wie reagieren Lehrkräfte auf das Datenangebot?

Das Projekt „MALOM“

Adaptive Lernsysteme für das Fach Mathematik sind in den letzten Jahren teils mit erheblichem Aufwand weiterentwickelt worden und drängen auf den internationalen (kommerziellen) Bildungsmarkt. Diese computergestützten Systeme versprechen individuelle Bildungspfade, die auf die Bedürfnisse des Lernenden zugeschnitten sind: Sie

analysieren die Entwicklung des Lernenden, passen sich an, geben Rückmeldung über den Lernfortschritt und bieten vielfältige Hilfestellungen an. Wesentliche Kennzeichen solcher Lernsysteme sind Adaptivität, Flexibilität, Diagnosefähigkeit sowie die Möglichkeit der Automatisierung. Verlässliche Daten zur tatsächlichen Verbreitung solcher Systeme sind rar, aber es ist anzunehmen, dass im Zuge der Digitalisierung auch adaptive Lernsysteme eine größere Bedeutung und Verbreitung erlangen werden. Es gibt einige größere Untersuchungen, die bestätigen, dass durch den Einsatz von adaptiven Lernsystemen Lernleistungen in einem Vergleichszeitraum höher ausfallen können.

Adaptive Lernsysteme enthalten bislang vorwiegend Aufgaben mit eindeutigen Lösungswegen und Antworten, vorwiegend für die Klassenstufen 5 bis 10, die meist einem Kalkül folgen. Es werden selten komplexere Situationen (z. B. offene Aufgaben mit mehreren Lösungswegen) erfasst, in denen beispielsweise mathematisches Argumentieren, Modellieren und Kommunizieren oder die Verwendung unterschiedlicher mathematischer Darstellungen verlangt werden. Das Feedback von und die Interaktion mit Lehrkräften ist bei der Beurteilung der Schülerleistungen wenig gefragt.

Im Projekt „Multikriterielle adaptive Lernsysteme für offene Mathematikaufgaben (MALOM)“ werden existierende Systeme genauer untersucht und neue Einsatzmöglichkeiten getestet. Ziel ist es, die Grundlage für die Entwicklung eines Systems zu schaffen, das über die gängigen, regel- oder syntax-basierten Systeme hinausgeht. Die Eignung und die Grenzen existierender adaptiver Systeme, komplexere mathematische Fragestellungen einzubeziehen, werden zunächst genauer untersucht. Unter Berücksichtigung von Methoden der multikriteriellen Entscheidungstheorie, wie sie in vielen komplexen Situationen bereits jetzt schon eingesetzt werden, werden dann komplexere Bewertungsschemata abgebildet. Eine prototypische Konzeption eines neuartigen Systems, das auf einem graphtheoretisch-motivierten Ähnlichkeitsbegriff basiert, nutzt dann diese Methoden um die nächste Generation von adaptiven Lernsystemen vorzubereiten.

Verstetigung der Projektziele

Die Projektaktivitäten sind auf Nachhaltigkeit angelegt, d. h. die entwickelten Konzepte, Materialien und Tools fließen in den Regelbetrieb von Schule, Studienseminaren und Universität ein. Dies wird dadurch gewährleistet, dass Entwicklung und Test von Tools und Konzepten in enger Kooperation mit Netzwerkschulen, Studienseminaren und dem Pädagogischen Landesinstitut geschehen. Zudem

schaffen die phasenübergreifenden Kooperationen und die vorhandenen Netzwerkschulen die Voraussetzung für die nachhaltige Implementierung der Projektergebnisse an der Universität und in der (Schul-)Praxis, u. a. durch Lehrkräftefortbildungen. Mit MINTerdisciplinary wird hierdurch die mathematische Modellierung gestärkt, die Lehrkonzepte der Physik schaffen einen neuen Zugang zu diesem naturwissenschaftlichen Fach. Alle erstellten Materialien, Tools und Konzepte werden auf der sich in Entwicklung befindlichen Lehrerbildungs-Plattform TU.L.P. zur Verfügung gestellt und sind somit öffentlich zugänglich. Die Aktivitäten im Bereich der interdisziplinären MINT-Projekte und der mathematischen Modellierung fließen zudem in die Arbeit der wissenschaftlichen Einrichtung KOMMS des Fachbereichs Mathematik der TUK ein. KOMMS veranstaltet jedes Jahr etliche Modellierungstage und -wochen in Kooperation mit Schulen und Studienseminaren und trägt somit wesentlich zur Verbreitung der Projektergebnisse in der Praxis bei.

Gerade die Einbeziehung der Netzwerkschulen des TU-Net MINT schafft die Voraussetzung für die nachhaltige Implementierung der Projektergebnisse zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der (Schul-)Praxis. An diesen Kooperationen wird angesetzt, um mit der Expertise im Bereich der Digitalisierung weitere aktuelle Herausforderungen für Schule und Unterricht, aber auch für die Lehrkräftebildung anzugehen. Gemeinsam mit den Netzwerkschulen werden die Maßnahmen evaluiert, weiterentwickelt und in den Regelunterricht implementiert.

Die bereits etablierten Kooperationen mit den Studienseminaren und dem Pädagogischen Landesinstitut ermöglichen es, die phasenübergreifende Zusammenarbeit auf der Grundlage der Erfahrungen mit bereits durchgeführten Lehrkräftefortbildungen (in Kooperation mit dem PL) und Fortbildungen für Referendar*innen und Fachleiter*innen (in Kooperation mit den Staatlichen Studienseminaren) auszubauen. Auf diese Weise kann der Ergebnistransfer im Bereich der Fort- und Weiterbildungskonzepte optimiert werden.

Die vorhandene interdisziplinäre Zusammenarbeit im Zentrum für Lehren und Lernen mit digitalen Medien (digitaLLZ) der TUK ist Grundlage dafür, dass der Transfer von Projektergebnissen aller Arbeitsfelder und der Austausch von Lehr-/Lernkonzepten und Materialien zu anderen Fachwissenschaften und den Kooperationspartnern möglich ist.

Literatur

Ainsworth, S. E., Bibby, P.A., & Wood, D. J. (2002). Examining the effects of different multiple representational

- systems in learning primary mathematics. *Journal of the Learning Sciences*, 11, 25–61.
- Bölsterli, & Bardy, K. (2015). *Kompetenzorientierung in Schulbüchern für die Naturwissenschaften aufgezeigt am Beispiel der Schweiz*. Heidelberg: Springer Spektrum.
- De Cock, M. (2012). Representation use and strategy choice in physics problem solving. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res*, 8(2), 020117.
- diSessa, A.A. (2004). Metarepresentation: native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction*, 22(3), 293–331.
- Docktor, J. L., & Mestre, J.P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 10(2), 020119.
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., White-Brahmia, S., Brookes, D.T., Gentile, M., Murthy, S., Rosengrant, D., & Warren, A. (2006). Scientific abilities and their assessment. *Physical Review Physics Education Research*, 2(2), 020103-1–020103-15.
- EU (2017). Digital Competence of Educators (DigCompEdu). Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/digcompedu_overview_-_german.pdf. Zuletzt geprüft am 26. 8. 2017.
- Even, R. (1998). *Factors involved in linking representations of functions*. *Journal of Mathematical Behaviour*, 17, 105–121.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (Hrsg.) (2009). *Multiple representations in chemical education*. The Netherlands: Springer.
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40(1), S. 5–28.
- Klein, P., Müller, A., & Kuhn, J. (2017). KiRC inventory: Assessment of representational competence in kinematics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010132
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60–70.
- Kohl, P.B., & Finkelstein, N.D. (2005). Student representational competence and self-assessment when solving physics problems. *Physical Review Physics Education Research*, 1(1), 10104.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2. Aufl.). New York: Cambridge University Press.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2010). Force concept inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 6 (2), 020109.
- Oelkers, J. (2010). *Was entscheidet über Erfolg oder Scheitern von Bildungsreformen?* Vortrag auf der Tagung „Schule neu denken!“ am 20. November 2010 in der Pädagogischen Hochschule Bern. <http://www.ife.uzh.ch/dam/jcr:00000000-4a53-efca-0000-00000fdb36a7/BernBildungsreformen.pdf> [01/2017].
- Opfermann, M., Schmeck, A., & Fischer, H. (2017). Multiple representations in physics and science education – why should we use them? In D. Treagust, R. Duit & H. Fischer (Hrsg.), *Multiple representations in physics education*. Dordrecht: Springer.
- Plötzner, R., & Spada, H. (1998). Constructing quantitative problem representations on the basis of qualitative reasoning. *Interactive Learning Environments*, 5, 95–107.
- Rau, M.A. (2017). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717–761.
- Scheid, J., Müller, A., Hettmansperger, R., & Kuhn, J. (2017). Erhebung von repräsentationaler Kohärenzfähigkeit von Schülerinnen und Schülern im Themenbereich Strahlenoptik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 181–203.
- Schnotz, W. (2010). Reanalyzing the expertise reversal effect. *Instructional science*, 38(3), 315–323
- Treagust, D., Duit, R., & Fischer, H. (Hrsg.) (2017). *Multiple representations in physics education*. Dordrecht: Springer.
- Tsui, C., & Treagust, D. (Hrsg.) (2013). *Multiple representations in biological education*. Dordrecht: Springer.
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrip, B. (Hrsg.) (2013). *Constructing representations to learn in science*. Rotterdam: Sense.
- Van Heuvelen, A., & Zou, X. (2001). Multiple representations of workenergy processes. *American Journal of Physics*, 69, 184.
- Van Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59, 891–897.
- Verschaffel, L., De Corte, E., de Jong, T., & Elen, J. (2010). *Use of external representations in reasoning and problem solving*. New York: Routledge.

Martin Bracke, TU Kaiserslautern
E-Mail: bracke@mathematik.uni-kl.de

Claudia Gómez Tutor, TU Kaiserslautern
E-Mail: cgomez@zfl.uni-kl.de

Jochen Kuhn, TU Kaiserslautern
E-Mail: kuhn@physik.uni-kl.de

Stefan Ruzika, RU Kaiserslautern
E-Mail: ruzika@mathematik.uni-kl.de