

Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Erziehungswissenschaft und Schulpraxis

Christina Beck, Eva Kriehuber*, Florian Boch, Anna-Teresa Engl, Andreas Helzel, Tina Pickert, Christian Reiter, Bettina Blasini, Claudia Nerdel*

Technische Universität München

1 Vernetzung im Lehramtsstudium

Die Qualität der Hochschulbildung ist ein viel diskutiertes Thema, da sie sowohl die beruflichen Kompetenzen der Lehrkräfte als auch das Lernen ihrer zukünftigen Schülerinnen und Schüler beeinflussen kann (Terhart, 2012). Dies wird in nationaler und internationaler Forschung mit Perspektive auf die „Kompetenzorientierung“ und „Evidenzbasierung“ diskutiert (Oser, 2002; Terhart, 2002). Kompetenzorientierung bezieht sich auf die Orientierung an den professionellen Anforderungen im Lehrerberuf (Koster et al., 2005; Kunter, Seidel, & Artelt, 2015), welche durch die Vernetzung von Wissen und Können ermöglicht wird. Lehramtsstudierende benötigen für den Erwerb praxisorientierter Handlungskompetenzen sowohl fachliches, fachdidaktisches, erziehungswissenschaftliches als auch schulpraktisches Wissen (Jüttner, Spangler, & Neuhaus, 2009; Kunter et al., 2011). Evidenzbasierung bedeutet dieses Wissen auf Basis empirischer Befunde zu vermitteln und eine forschungsorientierte und international anschlussfähige Lehrerbildung zu gestalten (Seidel et al., 2016; Hattie, 2009; Seidel & Shavelson, 2007). Damit werden Kompetenzorientierung und Evidenzbasierung zur Grundlage für professionelle Aufgaben im Lehrerberuf (Seidel et al., 2016). Für den naturwissenschaftlichen Unterricht gelten beide Aspekte als Voraussetzung zur Vermittlung von Scientific Literacy und Inquiry-based learning (vgl. Lederman & Abell, 2014).

* Geteilte Erstautorenschaft.

Der mehrstufige Prozess aus Lehrerbildung, Kompetenzentwicklung und professionellen Handlungen sowie die Wirksamkeit dieses Prozesses auf den Lernerfolg wird anhand verschiedener Modelle theoretisch begründet und empirisch untersucht. Die Angebots-Nutzungsmodelle (Neuhaus, 2007; Helmke, 2003) oder auch die Wirkungskette nach Terhart (2012) beschreiben die unterschiedlichen Handlungen und Einflüsse auf die Akteure, z. B. wird die Lerngelegenheit Lehrerbildung von den angehenden Lehrkräften genutzt, während die Lerngelegenheit Unterricht von den Schülerinnen und Schülern genutzt wird (vgl. Terhart, 2012, S. 12). Dabei können eine Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender Variablen wie z. B. die Voraussetzungen der Lehrkräfte oder Kontextmerkmale eine entscheidende Rolle spielen, wenn es um die Wirkung von Lehrerbildung geht (vgl. Terhart, 2012; Lipowsky, 2010). Studien zeigen, dass ein größerer Lernerfolg bei Schülerinnen und Schülern zu verzeichnen ist, wenn die Lehrkräfte über hohe fachwissenschaftliche Kompetenzen verfügen, aber nur dann, wenn Lehrkräfte ebenfalls ein hohes fachdidaktisches Wissen aufweisen (vgl. Krauss & Bruckmaier, 2014; Kunter et al., 2011; Blömeke, Kaiser, & Lehmann, 2008). Entsprechend kommt den Fachdidaktiken in der universitären Lehrerbildung eine Schlüsselrolle zu, da sie reflektierend und handlungsleitend fungieren (Laging, Hericks, & Saß, 2015; Krauss et al., 2008; Bromme, 1992). Empirische Erkenntnisse aus der Physikdidaktik zeigen zusätzlich, dass dem vernetzen (Schul-) Wissen auf einem vertieften Niveau eine höhere Bedeutung zukommt als einem rein universitären Fachwissen (vgl. Riese & Reinhold, 2010). Entsprechend ist eine hohe Abstimmung zwischen Fachwissenschaften und Fachdidaktiken erforderlich, um schulbezogenes Fachwissen für die universitäre Lehrerausbildung ableiten zu können und Lehr-Lernkonzepte daran auszurichten.

2 Das Münchner Modell zur Professionalisierung in der Lehrerbildung

Auf Basis der im vorangegangenen Abschnitt genannten Forschungsliteratur (u. a. Helmke, 2015; Terhart, 2012; Kunter et al., 2011) werden mögliche Einflussfaktoren für professionelle Kompetenzen von Lehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer definiert. Im Rahmen des Arbeitsbereichs „Steigerung der Kompetenzorientierung“ des Projekts Teach@TUM (Qualitätsoffensive Lehrerbildung, BMBF) werden hochschulspezifische Bildungsprozesse analysiert und ein Münchner Modell zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer theoretisch entwickelt (Abbildung 1) und an ausgewählten Beispielen empirisch überprüft.

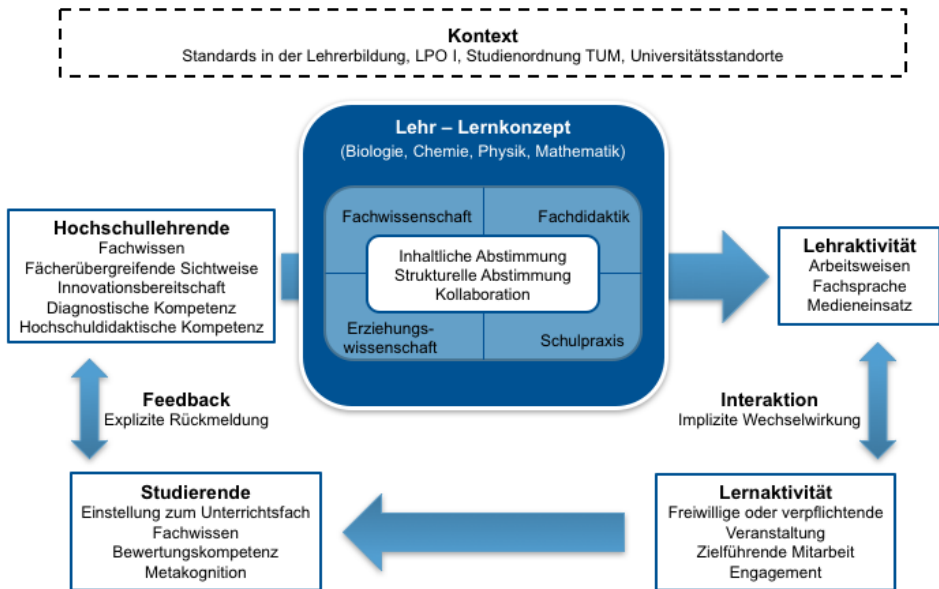


Abb. 1: Münchner Modell – potentielle Einflussfaktoren und ihr Zusammenspiel auf die mathematisch-naturwissenschaftliche Lehrerbildung an der TUM

Die im Zentrum des Modells stehenden innovativen Lehr-Lernkonzepte sind auf die Professionalisierung und den universitären Kernauftrag der Lehre ausgerichtet. Dabei werden gemeinsam mit den beteiligten Fächern, Fakultäten und Fachbereichen Entwicklungen für eine kompetenzorientierte Vermittlung

naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen abgestimmt. Durch die interdisziplinäre Kommunikation im Hochschulbereich erfolgt die notwendige Verknüpfung zwischen den Fachwissenschaften, Fachdidaktiken, den Erziehungswissenschaften und der Schulpraxis. Ebenen der Verknüpfung können hierbei eine inhaltliche oder strukturelle Abstimmung sowie eine direkte Kooperation der Dozierenden in gemeinsamen Lehrveranstaltungen sein.

Als zu berücksichtigende Einflussgrößen auf die Lehr-Lernkonzepte sind neben den gesetzlichen Rahmenbedingungen und örtlichen Gegebenheiten vor allem die beteiligten Personen, die Studierenden und Dozierenden, mit ihren jeweiligen Kompetenzen, Sichtweisen und Einstellungen aufzuführen. Bei der Umsetzung der Lehr-Lernkonzepte wird ein Schwerpunkt auf die fächerübergreifenden Arbeitsweisen Experimentieren und Modellieren, aber auch auf die korrekte Verwendung der Fachsprache gelegt. Zudem wird ein kompetenter Umgang mit (digitalen) Medien in Hinblick auf die erfolgreiche Nutzung in der künftigen Schulpraxis gefördert. Eine Erweiterung der bekannten Angebots-Nutzungs-Modelle auf Schulebene (u. a. Helmke, 2015) stellt neben der Übertragung der Modelle auf die Hochschulebene die Aufnahme der Interaktion zwischen Studierenden und Dozierenden im Modell dar. Diese kann explizit als Feedback durch die Bewertung von Studienleistungen bzw. der Lehrveranstaltungsevaluation erfolgen. Auch während der Veranstaltungen findet eine implizite Wechselwirkung durch zum Beispiel Nachfragen der Studierenden und/ oder adaptives Anpassen des Veranstaltungskonzeptes auf den jeweiligen Wissensstand statt. Dieser Prozess wird im Sinne des Design-Based Research Ansatzes kontinuierlich begleitet und evaluiert (Knogler & Lewalter, 2014). Ergänzend dazu wird das Modell durch die empirische Anwendung stetig weiterentwickelt (Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004).

3 Fallbeispiel Teach@TUM

Im Folgenden wird die praktische Umsetzung der Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Erziehungswissenschaft und Schulpraxis in den Naturwissenschaften dargestellt. Der interdisziplinäre Arbeitsbereich des Projekts Teach@TUM umfasst die Fächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik in den Lehramtsstudiengängen der Technischen Universität München (TUM). In diesen Fächern werden innovative Lehr-Lernkonzepte entwickelt und evaluiert.

Um die kompetenzorientierte Lehre nachhaltig zu gewährleisten, begleitet ein Professionalisierungskonzept die Lehrenden bei der Umsetzung. Aufgrund der Komplexität und Besonderheiten der unterschiedlichen Studiengänge, beteiligten Personen und Rahmenbedingungen, kann es nicht ein einziges Abstimmungskonzept geben. Vielmehr werden in der praktischen Anwendung verschiedene Schwerpunkte gesetzt, welche die spezifischen Bedingungen und Anforderungen an die Verknüpfung wiedergeben. Verbindendes Element zwischen den Einzelfallbeispielen ist neben der bereits ab Studienbeginn angestrebten Verknüpfung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik die Verdeutlichung der Relevanz der vermittelten Inhalte mit Blick auf den Schulbezug. Zusätzlich wurden als gemeinsame Schwerpunkte der innovativen Lehr-Lernkonzepte die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, eine kompetente Verwendung von Fachsprache und die systematische Integration von digitalen Medien zur Unterstützung des eigenen Kompetenzerwerbs gesetzt. Vor dem theoretischen Hintergrund des Münchner Modells zeigen die Fallbeispiele, wie kompetenzorientierte Lehrerbildung umgesetzt werden kann, inwieweit die Komponenten aus dem Münchner Modell auch in der praktischen Umsetzung wiedergefunden werden und welche relevanten Einflussgrößen sich für die weitere Entwicklungs- und Forschungsarbeit identifizieren lassen.

3.1 Chemie: Fokus Strukturelle Anpassung

Im Bereich Chemie stehen strukturelle Anpassungen der Fächerkombinationen Biologie und Chemie (B/C) und Mathematik und Chemie (M/C) im gymnasialen Lehramt im Fokus. Um die Vereinheitlichung der Studienbedingungen und -inhalte zu ermöglichen und kompetenzorientiert zu gestalten, wurden innovative Lehr-Lernkonzepte zu verschiedenen Zeitpunkten im Studienverlauf eingeführt, von welchen im Folgenden drei näher vorgestellt werden.

Anorganisch-chemisches Grundpraktikum: Vor der Umstrukturierung unterschieden sich die anorganisch-chemischen Grundpraktika der jeweiligen Fächerkombinationen (B/C und M/C) sowohl im Umfang als auch im Inhalt, obwohl alle Studierenden am Ende die gleichen Kompetenzen erreichen sollen. Ziel war es, diese Bedingungen zu vereinheitlichen, die fachdidaktischen Bezüge zu stärken sowie den Lehramtsbezug zu vertiefen. Der fachwissenschaftliche Inhalt des Praktikums bezieht sich auf das Erlernen experimenteller Kompetenzen, handwerklicher

Fähigkeiten, dem genauen und sicheren Umgang mit Chemikalien und Laborgeräten sowie auf das Beachten von Sicherheitsvorkehrungen und Entsorgungsvorschriften. Darüber hinaus sollen die Experimente auch theoretisch reflektiert und das praktische Vorgehen bei einer qualitativen Substanzanalyse theoretisch begründet werden. Zudem wird Wert auf eine korrekte und vollständige Protokollführung beim Experimentieren gelegt. Während des Praktikumsverlaufes wird zwischen Lern- und Leistungssituation unterschieden, da im ersten Teil nur die Protokollierung und die Durchführung des Versuches ohne qualitative Abstufung der Versuchsergebnisse bewertet wird, um ein interessen- und verständnisgeleitetes Auseinandersetzen mit der Laborarbeit zu ermöglichen. Eine Steigerung der Relevanz für die Studierenden wird durch die Auswahl von praxisnahen Experimenten, wie bspw. der Wasserhärtebestimmung, erreicht. Der Schulbezug und die zugehörigen Staatsexamensaufgaben¹ werden zusätzlich in einem Begleitseminar ausführlicher thematisiert. Aufbauanleitungen für Gerätschaften und grundlegende Arbeitstechniken werden in Lehrvideos veranschaulicht und schon vor dem Praktikum über die Lernplattform Moodle angeboten.

Begleitseminar zur Chemie der Nichtmetalle Das Begleitseminar zur Vorlesung „Chemie der Nichtmetalle“ wird als ergänzendes Seminar zur Fach-Vorlesung für Lehramtsstudierende angeboten. Die Vorlesung ist im Studienplan für die Fächerkombination B/C im fünften und für M/C im dritten Semester angesetzt und wird gemeinsam mit den Chemie-Fachstudierenden besucht. Die freiwillige Ergänzung ermöglicht das Vertiefen von Grundlagen wie Reaktionsgleichungen und komplexeren Lewis- und Strukturformeln und deren Vergleich. Dies ist wichtig, da die Chemie-Fachstudierenden solche Übungseminare im regulären Studienablauf schon im Vorfeld besuchen und somit einen Wissensvorsprung haben. Zusätzlich können der schulische Kontext und die Bedeutung, Anwendbarkeit und Grenzen von verschiedenen Modelle, wie der erfahrungsgemäß schwer greifbaren Molekülorbitaltheorie, diskutiert werden.

¹ In Bayern ist nach der Umstellung auf das europaweite Bachelor-Master-System, mit Ausnahme der beruflichen Schulen, weiterhin ein Staatsexamen Voraussetzung als Abschluss des Lehramtsstudiums und für die Lehrtätigkeit an den Schulen (LPO I).

Vertiefende Aspekte der anorganischen Chemie Die Veranstaltung „Vertiefende Aspekte der anorganischen Chemie“ ist ein Wahlmodul des Masterstudiums für beide Studienrichtungen. Innerhalb dieses Seminars werden übergreifende Konzepte aus den verschiedenen Bereichen der grundlegenden Chemie, der anorganischen und der physikalischen Chemie anhand von Staatsexamensaufgaben behandelt und vertieft. Die Kernkompetenz, welche in diesem Seminar erworben wird, ist das Erfassen von chemische Sachverhalten in verschiedenen Anwendungsbezügen sowie Sachzusammenhängen und deren Bewertung und Darstellung in adäquater mündlicher (und schriftlicher) Ausdrucksfähigkeit. In ihren Präsentationen verknüpfen die Studierenden die fachlichen Inhalte ihres Studienverlaufs mit vorgegebenen Beispielen, um komplexe Fragestellungen unter Beachtung geeigneter Medienauswahl, Präsentationsformen, sowie korrekter Fachsprache diskutieren zu können. Zudem verdeutlichen dies auch Fragen der didaktischen Reduktion bzw. Rekonstruktion. Durch den gemeinsamen Besuch des Moduls von beiden Studiengängen (B/C und M/C) am Ende des Studiums, können mögliche strukturell bedingte Unterschiede aufgegriffen und adressiert werden. Eine Nachhaltigkeit der neu geschaffenen Veranstaltung wurde durch die Verankerung in den jeweiligen Studienordnungen als Wahlmodul mit der Möglichkeit zum Erwerb von anrechenbaren Studienleistungen geschaffen.

3.2 Physik: Fokus Inhaltliche Anpassung durch Schulphysikalische Vertiefungen

In der Physikdidaktik zeigt sich, dass Studierende bei der Vorbereitung und Planung von Unterricht (Schulpraktika oder als Teil von Seminaren) kaum auf ihre Kompetenzen aus den physikalischen Fachveranstaltungen zurückgreifen, vor allem nicht auf die der theoretischen Physik. Meist wird lediglich das frühere Schulwissen reproduziert. Ein möglicher Grund dafür ist der Bruch zwischen der an Hochschulen gelehrtten Physik und der an Schulen. Zur Bewältigung des ersten Übergangs ist das Fachstudium verantwortlich, kaum die Fachdidaktik. Aufgabe der Fachdidaktik ist es nun die Verbindung der theoretischen Physik der Universität mit der Schulphysik herzustellen. Jedoch kann die Fachdidaktik das kaum leisten, da die wenigen verpflichtenden Lehrveranstaltungen der Didaktik ein sehr breites Spektrum abdecken müssen. Eine weitere Schwierigkeit ist der

themenabhängige Mangel an Material, das die universitäre Physik mit der Schulphysik verbindet. Ziel der Arbeit im Bereich Physik ist ein niederschwelliges Angebot an Kursen und Kursergänzungen zu ermöglichen, welche die Veranstaltung der theoretischen Physik weiterführen, deren Nachbereitung in Bezug auf den Schulstoff bereichern und zur späteren Vorbereitung von Unterricht dienen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden unter Rückgriff auf digitale Lehr-Lernkonzepte auf einer Moodle-Plattform die Kurse „Schulphysikalische Vertiefung der Elektrodynamik“ und „Schulphysikalische Vertiefung der Quantenmechanik“ eingeführt. Diese Themenbereiche wurden ausgewählt, da die zugehörigen Veranstaltungen der theoretischen Physik große Schwierigkeiten für Studierende darstellen, jedoch Inhalte der gymnasialen Oberstufe sind. Die Kurse können ab dem 5. bzw. 6. Semester im Bachelorstudium (Lehramt an Gymnasien) parallel zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen der theoretischen Physik angeboten und durchgeführt werden.

Schulphysikalische Vertiefung der Elektrodynamik: Dieser Kurs ist stark an die Struktur einer Veranstaltung der theoretischen Physik der Elektrodynamik angepasst. Der Fokus liegt auf der Verbindung zur gymnasialen Oberstufe, es wird jedoch auch die Elektrizitätslehre der Sekundarstufe I einbezogen. Jede thematische Einheit im Kurs ist eingerahmt durch ein einfaches Schulexperiment und dem Ziel, dieses theoretisch zu beschreiben. Die Einheiten sind zweigeteilt. Einerseits werden die Konzepte und Darstellungsweisen der theoretischen Physik aus fachdidaktischer Sicht beleuchtet. Den Großteil einer Einheit nimmt andererseits die Betrachtung der inhaltlichen Vernetzung zwischen der theoretischen Physik und den Inhalten der Fachdidaktiken sowie zu den Schulbüchern ein. Es werden die Wege von Elementarisierungen und didaktischen Rekonstruktionen zu den fachlichen Ursprüngen zurückverfolgt und überprüft, inwieweit sie gelungen sind. Ein weiterer Aspekt dieses Kurskonzepts ist die simple Wiederholung des Stoffs. Teil der Elektrodynamik der Oberstufe sind zum Beispiel Aspekte der speziellen Relativitätstheorie. Inhalte wie diese, mit denen viele Physiker zunächst große Probleme haben sie zu verstehen, erfordern von (zukünftigen) Lehrkräften ein Verständnis für den Stoff, um diesen zu elementarisieren, zu unterrichten und im Unterricht angemessen auf Schülerfragen einzugehen. Diese Aspekte kann ein fachlicher Kurs an der Universität hingegen nur schlecht bieten.

Schulphysikalische Vertiefung der Quantenmechanik: Dieser Kurs orientiert sich nur lose an einer entsprechenden Veranstaltung der theoretischen Physik. Einzig die ersten Grundlagen der Quantenmechanik, manchmal auch Postulate der Quantenmechanik genannt, und die Darstellung der Theorie mit der Dirac-Notation werden parallel besprochen. In fachlichen Kursen werden fast ausschließlich grundlegende Beispiele wie Kastenpotential, harmonisches Potential oder das Coulombpotential theoretisch aufgearbeitet. Anschauliche Fragen, wie das Messproblem oder die Bellschen Ungleichungen, werden kaum weiterführend diskutiert. Solche Anschauungsfragen werden im entwickelten digitalen Lehr-Lernkonzept aufgegriffen und fachlich besprochen, da diese Themen in Schulbüchern auftauchen und Lernende dazu verstärkt Klärung wünschen. Diesen fachlichen Punkten werden vier bekannte Unterrichtskonzepte zur Quantenmechanik in der Schule gegenübergestellt: 1. Berliner Konzept (Helmut Fischler), 2. Bremer Konzept (Hans Niedderer), 3. Münchner Konzept (Rainer Müller), 4. Karlsruher Physikkurs (Friedrich Hermann). Im Vordergrund steht nicht nur die fachliche Richtigkeit der jeweiligen Elementarisierung, sondern Modelle und Modellbildung in Physik und Physikdidaktik und deren Visualisierung. In der Fachdidaktik wird das Bohrsche Atommodell sehr kritisch betrachtet. In allen Unterrichtskonzepten finden sich hingegen unterschiedliche alternative Modelle zur Herleitung atomarer Energieniveaus. Im Rahmen des Moodle-Kurses werden diese verschiedenen Modelle so weit analysiert, dass ein eigenes Modell erarbeitet werden kann, welches die bekannte Formel des Wasserstoffatoms reproduziert.

Sind diese Moodle-Kurse einmal erarbeitet, können sie mit nur geringem Aufwand weitergeführt werden. Darüber hinaus sind sie modular aufgebaut und es können einzelne Elemente in anderen Kursen der Fachdidaktik eingesetzt werden und so zu einem übergreifenden Digitalisierungskonzept beitragen. Durch kritische Auseinandersetzung mit den bestehenden Materialien zur fachlichen Vernetzung von universitärer und schulischer Physik können bestehende Mängel aufgegriffen, verbessert und fehlendes Material neu konzipiert und ergänzt werden. Die Ergebnisse gehen über den bloßen Inhalt von Lehre hinaus und können in Zukunft durch Veröffentlichung in Fachzeitschriften festgehalten werden.

3.3 **Mathematik: Fokus Inhaltliche Anpassung mit Schwerpunkt Berufliche Bildung**

Der heterogene Hintergrund der Studierenden steht im Fokus der Weiterentwicklungen im Bereich Mathematik der Beruflichen Bildung. Diese Heterogenität ergibt sich aus der unterschiedlichen Vorbildung (FOS/BOS – Sozial, Technisch, Gymnasium, Meister), den gewählten Hauptfächern (Metall-, Elektro-, Bautechnik, Gesundheit- und Pflegewissenschaft, Ernährung- und Hauswirtschaftslehre) sowie der freien Wahl hinsichtlich der zeitlichen Belegung der Mathematik-Veranstaltung innerhalb ihres Studiums. Somit können Studierende unterschiedlicher Fachsemester und mit unterschiedlicher Vorbildung gemeinsam eine Veranstaltung besuchen.

Analysis 1 für Lehramt an Beruflichen Schulen Um ein Verständnis für die vielfältigen Voraussetzungen zu entwickeln, wurde in der Veranstaltung „Analysis 1 für Lehramt an Beruflichen Schulen“ ein Grundlagentest zur Schulmathematik durchgeführt. Die Ergebnisse sollen u. a. der Entwicklung eines Brückenkurses in der Mathematik speziell für Studierende des beruflichen Lehramts dienen, um besser auf die unterschiedlichen Wissensstände, Herausforderungen und Anforderungen der Studierenden eingehen zu können. Ziel ist es einerseits, den Studierenden der Beruflichen Bildung bereits zu Beginn des Studiums die Notwendigkeit des Fachwissens für den späteren Lehreralltag bewusst zu machen, sodass die Studierende von Anfang an ein tieferes Verständnis für Mathematik entwickeln und ihre fachliche Kompetenz ausbauen. Andererseits sollen sie fachdidaktische Kompetenzen kennenlernen und ausprobieren. Darunter fallen z. B. das Erkennen von Schwierigkeiten der SchülerInnen/ KommilitonInnen, verständliches Erklären sowie eine strukturierte Vorgehensweise bei der Vermittlung. Zudem sollen die Studierenden eine digitale Unterrichtsmethode unter Verwendung von iPads kennenlernen und mathematische Inhalte anhand von Lernvideos vermitteln um dabei die Kompetenzen des mathematischen Argumentierens, Kommunizierens und den Umgang mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik zu stärken.

Lineare Algebra 1 für Lehramt an Beruflichen Schulen Für die Umsetzung der neu entwickelten Lehr-Lernkonzepte wurden die Pflichtveranstaltungen „Lineare Algebra 1 für Lehramt an Beruflichen Schulen“ (Lineare Gleichungssysteme,

Abbildungen, Gruppen) und „Analysis 3 für Lehramt an Beruflichen Schulen“ (Integral- und Differentialaufgaben) ausgewählt. Die Mathematikveranstaltungen des Bachelorstudiums im Beruflichen Lehramt umfassen eine Vorlesung, eine Übung und eine Ergänzung. In der Präsenzvorlesung oder als digitales Lernformat über die online Plattform Moodle wird eine Präsentation zum Thema „Beweisen und Vermitteln Mathematischer Inhalte“ für die Studierenden beider Kurse zur Verfügung gestellt. Die Präsentation beinhaltet Herangehensweisen an mathematische Beweisaufgaben, mögliche Schwierigkeiten, sowie Aspekte der didaktischen Vermittlung. Nachfolgend wird das Verständnis durch eine schriftliche Feedbackrunde unter den Studierenden überprüft. Die Ergänzungsstunde bietet eine zusätzliche Möglichkeit der Vernetzung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik. Die Studierenden können sich aus dem Abituraufgabenpool der Beruflichen Schulen FOS/BOS Technik eine Aufgabe auswählen (in Analysis 3 haben alle Aufgaben den Schwerpunkt Integral- oder Differentialrechnung) und vor ihren Kommiliton*innen präsentieren. Mit der Verwendung von Abituraufgaben aus dem Integral- und Differentialbereich kann der Bezug vom aktuellen Vorlesungsstoff zur Schulmathematik hergestellt werden. Fachdidaktische Elemente sollen während der Ergänzungspräsentation vom Vortragenden miteinbezogen werden. In der Linearen Algebra besteht die Besonderheit darin, dass die Studierenden als Vortragsformat selbstständig ein Lernvideo mit beispielsweise der App „Explain Everything“ am iPad erstellen, welches in der Ergänzungsstunde diskutiert wird. Dies ermöglicht anstelle des üblichen Frontalvortrags eine neue Lehrmethode innerhalb der Ergänzung auszuprobieren und sich durch die intensive Auseinandersetzung mit dem zu vermittelnden Stoff auch multimediale Kompetenzen anzueignen.

In Zukunft soll das Stammpersonal die Implementation des neuen Konzepts in ihren Ergänzungsstunden übernehmen. Außerdem soll die vorangegangene Präsentation online oder präsent für Studierende zur Verfügung stehen. Durch einen Leitfaden zur Präsentation und dem Umgang mit dem iPad sowie der App „Explain Everything“ wird die Umsetzung für Dozierende der Mathematik im Beruflichen Lehramt gewährleistet. Nach mehrmaliger Durchführung kann so die Maßnahme im Studienplan verstetigt werden.

3.4 **Biologie: Integriertes Lehr-Lernmodul anhand eines Modellorganismus**

Das Curriculum der Biologie zeigt, dass die unterschiedlichen Fachgebiete, wie Botanik, Mikrobiologie, Molekularbiologie, Ökologie, Physiologie, Verhaltensbiologie oder Zoologie, isoliert voneinander in separaten Lehrveranstaltungen vermittelt werden und Konzepte zur Förderung des systemischen Denkens fehlen. Ziel des Bereichs Biologie ist daher die Neukonzeption eines hochschuldidaktischen Lehrkonzepts zur strukturellen sowie inhaltlichen Verknüpfung anhand des Modellorganismus Honigbiene.

Vorlesung Bienenkunde: Im Rahmen der fachwissenschaftlichen Vorlesung „Bienenkunde“, welche im ersten Mastersemester Lehramt vorgesehen ist, werden biologische Fachinhalte in Theorie und Praxis vermittelt. Im Fokus steht die Vielfalt der Lebewesen, die Wechselwirkungen der Organismen mit ihrer Umwelt untereinander sowie ihre Gefährdung durch anthropogene und natürliche Einflüsse. Die horizontale Verknüpfung zu anderen Fachgebieten, z. B. Botanik, erfolgt über die Bestäubungsleistung durch Bienen. Ein mikroskopisches Praktikum zur funktionellen Anatomie der Biene, zur Bestimmung und Behandlung von Bienenkrankheiten sowie zur Erhebung der Biodiversität ergänzen die Theorie. Mit dem Modellorganismus Honigbiene können Studierende eine Vielzahl an Lehrplaninhalten abdecken und übergeordneten Kompetenzen erwerben. An dieser Vorlesung können Studierende unterschiedlicher Studiengänge teilnehmen.

Fachdidaktisches Seminar Die Fachvorlesung wird durch ein biologiedidaktisches Seminar „Innovationen im naturwissenschaftlichen Unterricht – Modellorganismus Honigbiene“ für Studierende des Lehramts an Gymnasien und der Beruflichen Bildung erweitert, in welchem ausgewählte fachliche Vorlesungsinhalte didaktisch aufbereitet werden. Im Zentrum stehen naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden, d. h. Denk- und Arbeitsweisen, als Kernkompetenz angehender MINT-Lehrkräfte. Über das wissenschaftliche Arbeiten erfolgt die Verbindung der Ebenen Lehrer- und Schülerkompetenz sowie universitärer Ebene und Schulniveau. So kann im Seminar die lichtmikroskopische Diagnose von Krankheitserregern mit anschließendem molekularbiologischen Nachweis und der Artunterscheidung thematisiert werden. Daran schließt sich die Ermittlung der regionalen Verteilung des relativen Befalls von Bienenvölkern mit diesen

verschiedenen Arten an. Die molekularbiologischen Untersuchungen finden am außerschulischen Lernort „Schülerforschungszentrum Berchtesgadener Land“ statt, um aktuelle Methoden wie DNA-Extraktion, PCR, Restriktionsverdau von DNA und die Gelelektrophorese, die oft an Schulen nicht durchgeführt werden können, kennenzulernen. Im Rahmen der didaktischen Rekonstruktion werden die verwendeten technischen Geräte und das methodische Vorgehen aus fachlicher, fachdidaktischer und schulpraktischer Perspektive reflektiert und die Vorzüge außerschulischer Lernorte begründet. Für die gymnasiale Oberstufe ebenfalls geeignet ist ein Verhaltensexperiment zur Klassischen Konditionierung im Rahmen der Duftkonditionierung der Honigbiene. Im Fokus stehen die Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns sowie die Diskussion von Vorteilen und Grenzen der jeweiligen Untersuchungsmethode (Lichtmikroskopie vs. Molekularbiologie). Aufgabe der Studierenden ist es, die praktische Anwendung didaktisch aufzubereiten und Ansätze zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn mit authentischen Forschungsfragen zu entwickeln, die von den Lernenden im Schwerpunkt naturwissenschaftliche Arbeitsweisen experimentell erarbeitet werden können. Zusätzlich erfolgt durch die Studierenden eine inhaltliche Einordnung der Lernziele im Lehrplan sowie die Herstellung horizontaler und vertikaler Bezüge.

Schulpraxis: Die schulpraktische Umsetzungsphase findet am TUM Referenzgymnasium Miesbach oder als außerschulische Lerngelegenheit in den Laboren der Fachdidaktik Life Sciences und am Schülerforschungszentrum Berchtesgadener Land statt. Zusätzlich kann die Umsetzung der Projektarbeiten aus dem Seminar im Rahmen eines wissenschaftspropädeutischen Seminars der Oberstufe mit Schülerinnen und Schülern der Referenzgymnasien unmittelbar an der TUM erfolgen. Dabei können Lehramtsstudierende die bestehende Infrastruktur am Forschungscampus der Fachwissenschaften nutzen und geeignete Experimente mit Schülerinnen und Schülern durchführen. Besonders die fachdidaktisch begleitete Umsetzung dieser Projektarbeiten trägt zur intensiven Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung bei. Die Studierenden werden bereits beim Entwurf ihrer Projektarbeit in Zweiergruppen von einer Lehrkraft und einem wissenschaftlichen Mitarbeiter aus der Fachdidaktik begleitet. Sie erhalten die Expertise einer Fachlehrkraft bei der Planung der praktischen Umsetzung mit Schülerinnen und Schülern am Referenzgymnasium und der

damit einhergehenden, eigenständigen Vorbereitung eines geeigneten Experiments oder Modells sowie bei der Anfertigung von Arbeitsmaterial für den Einsatz im Unterricht. Nach der schriftlichen Abgabe des Planungs- und Durchführungsrasters für den Lehrversuch erfolgt nochmals ein intensives Mentoring mit Verbesserungsvorschlägen durch die Lehrkraft. Im Anschluss an die gehaltene Unterrichtsstunde findet eine Reflexion der Erfahrungen sowie die Diskussion weiterer Möglichkeiten zur Professionalisierung statt. Dadurch ist ein unmittelbarer Schulbezug gegeben.

Das im Rahmen von Teach@TUM in der Lehre Biologie entwickelte Modul zur direkten Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Erziehungswissenschaft und Schulpraxis anhand des Modellorganismus Honigbiene wurde erfolgreich etabliert und findet hohen Zuspruch von den Studierenden. Das Modul ist auf andere Kontexte übertragbar und kann als exemplarisches Lehrkonzept zur Dissemination an anderen lehrerbildenden Hochschulen dienen.

3.5 Professionalisierungskonzept

Um die nachhaltige Implementation der kompetenzorientierten Lehre zu stärken, werden Weiterbildungen und Coachings im Rahmen eines Professionalisierungskonzepts angeboten. Die Zielgruppe sind Dozierende, welche in der Lehrerbildung tätig sind, aber oftmals ganz unterschiedliche Ausgangsbedingungen hinsichtlich ihres Fachwissens, der fächerübergreifenden Sichtweise oder ihrer persönlichen hochschuldidaktischen Kompetenz haben.

Weiterbildungen: Die bisherigen elf Weiterbildungen diskutierten die verschiedenen Aspekte der Kompetenzorientierung (z. B. Metakognitive Strategien oder Unterrichtsmethoden für kompetenzorientierte Lehr-Lernkonzepte wie Kooperatives Lernen, Forschendes Lernen) und setzten einen besonderen Schwerpunkt auf digitales Lernen (z. B. Digitales Lernen in Schule und Universität, Lerntheorien und digitales Lernen). Die Weiterbildungen werden teilweise fachspezifisch angeboten (z. B. Digitales Lernen in der Lehrerbildung Chemie und Physik) oder für alle Dozierenden in der Lehrerbildung aus den unterschiedlichen Fachbereichen (z. B. Feedback geben und empfangen). Inhalte einer Weiterbildungsreihe, die pro Semester gestartet wird, werden in nachfolgenden Einheiten wiederholt, um einen besseren Lernerfolg zu erzielen. Insgesamt sind die Weiterbildungen diskursiv angelegt,

um den Austausch zwischen den Dozierenden zu fördern. Um ausreichend auf die Bedürfnisse der Teilnehmenden einzugehen, sind circa sechs bis zehn Dozierende in den dreistündigen Weiterbildungen anwesend.

Coaching: Um auch eine individuelle Unterstützung der Dozierenden zu ermöglichen, werden im Rahmen des Coachings ausgewählte Lehrveranstaltungen für Lehramtsstudierende (Seminare, Übungen und Vorlesungen) miteinbezogen. Bisherige Beispiele sind die Vorlesung und Übung der „Linearen Algebra“, die Übung „Einführung in die Mathematik“ und „Einsatz von Tablets im Chemieunterricht“. Abhängig von der Art der Veranstaltung und der Teilnehmerzahl können unterschiedliche Instrumente in den Coaching Prozess einfließen. Es werden Unterrichtsbeobachtungsbögen verwendet, Videoaufzeichnungen der Lehre vorgenommen und Befragungen der Studierenden durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Feedbackschleifen mit den Dozierenden reflektiert. Ein Coaching besteht aus mindestens zwei Unterrichtsbesuchen, kann sich aber auch über das ganze Semester erstrecken.

Die Elemente der Weiterbildung und des Coachings ergänzen sich gegenseitig: In den Weiterbildungen werden Herausforderungen und Wünsche der Dozierenden durch Gruppendiskussionen und Fragebögen erfasst und evaluiert und im Coaching adressiert. Die Methoden, die im Coaching am besten funktionieren, werden wiederum vermehrt in den Weiterbildungen thematisiert. Hieraus entsteht eine Nachhaltigkeit, die durch Lehrvideos ergänzt wird. Die Verwendung von Lehrvideos soll weiter ausgebaut werden und die Weiterbildungen und Coachings sinnvoll ergänzen. Hier wird ein nachhaltiger Lernerfolg durch die Möglichkeit der Wiederholung und kontinuierlicher Unterstützung erzielt.

4 Diskussion

In den entwickelten innovativen Lehr-Lernkonzepten wird die gewünschte Kompetenzorientierung durch eine bessere Abstimmung und Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Erziehungswissenschaft und Schulpraxis ermöglicht. Die vorangegangenen Beispiele zeigen, dass die Vermittlung der Kompetenzorientierung auf unterschiedlichen Wegen erfolgen kann: strukturelle Anpassung, inhaltlich abgestimmte Veranstaltungen, Zusatzmaterialien oder auch durch digitale Angebote um zusätzlich überfachliche Kompetenzen zu erwerben. Wichtig ist hierbei,

dass Bezüge zwischen den Disziplinen durch die Dozierenden geschaffen werden und diese den Studierenden bewusst werden.

Vor dem Hintergrund des Münchner Modells zeigt sich, dass es Faktoren gibt, welche für die Lehrerbildung standortspezifisch und universitätsintern festgelegt sind. Zu diesen zählen die Standards der Lehrerbildung, die Lehramtsprüfungsordnungen, die universitätsspezifischen Studienordnungen sowie verschiedene Universitätsstandorte. Dennoch gilt es diese Faktoren für eine erfolgreiche Gestaltung und Umsetzung von Innovationen zu berücksichtigen, da sie den Kontext charakterisieren (siehe Abb. 1).

Um Kompetenzorientierung zu ermöglichen, werden explizite Bezüge zwischen korrespondierenden Inhalten in den Veranstaltungen der Fachwissenschaft und Fachdidaktik hergestellt, darauf aufgebaut und schließlich Redundanzen vermieden. Die Fallbeispiele zeigen, dass sich neben den Inhalten auch die jeweiligen Lehr-Lernaktivitäten als Verknüpfungspunkte anbieten: die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen Modellieren und Experimentieren, die korrekte Fachsprache und der Einsatz von Medien. Gerade in den naturwissenschaftlichen Fächern Chemie, Physik und Biologie wird der Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung thematisiert und durch den Einsatz wissenschaftlicher und schulpraktischer Experimente konkretisiert. So werden praktische Anwendungen und fachdidaktische Aspekte aufeinander bezogen und näher analysiert. Besonders beim Modellieren können verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten unter dem Einsatz von analogen oder digitalen Visualisierungen und ihre jeweiligen Grenzen diskutiert und verglichen werden. Der Einsatz von digitalen Medien wird mit Kommunikationskompetenzen verknüpft und gleichzeitig für die schulpraktische Umsetzung vorbereitet. So ermöglichen Anwendungen auf dem iPad Verbalisierungsprozesse und das Üben adäquater Fachsprache. Durch die Teilnahme an Fachvorlesungen und speziellen Ergänzungen kann eine fachliche Tiefe erreicht werden. In der Mathematik wird dies durch die individuelle Förderung der Studierenden und Prozesse des Argumentierens und Verbalisierens mit adäquatem Medieneinsatz integriert.

Als weiterer wichtiger Aspekt der Kompetenzorientierung zeigt sich die Kooperation mit Referenzgymnasien. Durch diesen Austausch können die innovativen Lehr-Lernkonzepte auch in die Schulpraxis gebracht und für den

Unterrichtseinsatz vorbereitet werden. Besonders gut gelingt dies, wenn die unterschiedlichen Aspekte der einzelnen Bereiche anhand derselben Inhalte erörtert werden, wie bspw. beim integrierten Lehr-Lernkonzepts anhand des Modellorganismus Honigbiene. Innerhalb der Universität leistet das Professionalisierungskonzept den Austausch zwischen den Fakultäten, um bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Prozesse im Rahmen der Kompetenzorientierung und des digitalen Lernens zu etablieren.

Der regelmäßige Austausch mit den unterschiedlichen Akteuren sichert eine Kommunikationsbasis. Ziel ist es eine gemeinsame Sprache zu entwickeln, worauf die Lehr-Lernkonzepte aufbauen. Durch den aktiven Einbezug aller beteiligten Dozierenden und einer entsprechenden gemeinsamen Begrifflichkeit können nachhaltige Innovationen erreicht werden, ohne dass Entwicklungen und Entscheidungen über die Akteure hinweg getroffen werden und es zu einer ablehnenden Haltung kommt (Gräsel & Parchmann, 2004), sondern die entwickelten innovativen Lehr-Lernkonzepte in der Praxis Anwendung finden.

Literatur

- Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (Hrsg.). (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare*. Münster: Waxmann.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Bern: Huber.
- Collins, A.; Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004): Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.
- Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), S. 196–214.
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, UK: Routledge.
- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Friedrich.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Jüttner, M., Spangler, M., & Neuhaus, B. J. (2009). *Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Bereichen des Professionswissens von Biologielehrkräften* (Vol. 8). Kassel: Universitätsdruckerei.
- Knogler, M., & Lewalter, D. (2014). Design-Based Research im naturwissenschaftlichen Unterricht. Das motivationsfördernde Potenzial situierter Lernumgebungen im Fokus. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 61, 2–4.
- Koster, B., Brekelman, M., Korthagen, F., & Wubbels, T. (2005). Quality requirements for teacher educators. *Teaching and Teacher Education*, 21(2), 157–176.
- Krauss, S., Baumert, J., & Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: Validation of the COACTIV constructs. *The International Journal on Mathematics Education*, 40(5), 873–892.

Krauss, S., & Bruckmaier, G. (2014). Das Experten-Paradigma in der Forschung zum Lehrerberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz, M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 241–261), Münster: Waxmann.

Kunter, M.; Baumert, J.; Blum, W.; Klusmann, U.; Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.

Kunter, M., Seidel, T., Artelt, C. (2015). Pädagogisch-psychologische Kompetenzen von Lehrkräften. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47(2), 59–61.

Laging, R., Hericks, U., & Saß, M. (2015). Fach: Didaktik – Fachlichkeit zwischen didaktischer Reflexion und schulpraktischer Orientierung. Ein Modellkonzept zur Professionalisierung in der Lehrerbildung. In S. Lin-Klitzing, D. Di Fuccia, R. Stengl-Jörns (Hrsg.), *Auf die Lehrperson kommt es an? Beiträge zur Lehrerbildung nach John Hatties „Visible Learning* (S. 91–116), Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Lederman, N. G., & Abell, S. K. (Eds.) (2014). *Handbook of research on science education* (Vol. II). New York: Routledge.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, J. Mayr. (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen – Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 51–72). Münster: Waxmann.

Neuhaus, B. (2007). Unterrichtsqualität als Forschungsfeld für empirische biologiedidaktische Forschung. In D. Krüger, H. Vogt, *Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 243–254). Heidelberg: Springer.

Oser, F. (2002). Standards in der Lehrerbildung. Entwurf einer Theorie kompetenzbezogener Professionalisierung. *Journal für LehrerInnenbildung*, 2(1), 8–19.

Riese, J., & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167–187.

Seidel, T., & Shavelson, R.J. (2007). Teaching effectiveness research in the last decade: Role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499.

Seidel, T., Reiss, K., Bauer, J., Bannert, M., Blasini, B., Hubwieser, P., Schindler, C. (2016). Kompetenzorientierte und evidenzbasierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Didaktische Weiterentwicklungen im Projekt Teach@TUM. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 34(2), 230–242.

Terhart, E., (2002). *Standards für die Lehrerbildung. Eine Expertise für die Kultusministerkonferenz*. Münster: Institut für Schulpädagogik und Allgemeinen Didaktik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

Terhart, E., (2012). Wie wirkt Lehrerbildung? Forschungsprobleme und Gestaltungsfragen. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 2(1), 3–21.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das diesem Aufsatz zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1501 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Autor*innen

Dr. Christina Beck, Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt Teach@TUM und in der Fachdidaktik Life Sciences der TUM School of Education an der Technischen Universität München. Arbeitsschwerpunkte: Kompetenzmodellierung, Lehrerprofessionalisierung, Fachsprache und Repräsentationskompetenz, Lehren und Lernen mit digitalen Medien, Evaluation von Lehr-Lernprozessen.

E-Mail: christina.beck@tum.de

Dr. Bettina Blasini, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt Teach@TUM der TUM School of Education an der Technischen Universität München. Arbeitsschwerpunkt: Koordination des Arbeitsbereichs Steigerung der Kompetenzorientierung.

E-Mail: *bettina.blasini@tum.de*

M. Ed. Florian Boch, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt Teach@TUM der TUM School of Education und im Arbeitskreis Professur für Anorganische Chemie an der Technischen Universität München. Arbeitsschwerpunkte: Abstimmung Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Schulpraxis im Bereich Chemie.

E-Mail: *florian.boch@tum.de*

M. Ed. Anna-Teresa Engl, Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt Teach@TUM der TUM School of Education an der Technischen Universität München. Arbeitsschwerpunkte: Vernetzung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik im Bereich Mathematik Berufliche Bildung, Digitales Lehren und Lernen.

E-Mail: *anna-teresa.engl@tum.de*

Dr. Andreas Helzel, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt Teach@TUM der School of Education an der Technischen Universität München. Arbeitsschwerpunkt: Vernetzung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik im Bereich Physik.

E-Mail: *andreas.helzel@tum.de*

Dr. Eva Kriehuber, Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt Teach@TUM der TUM School of Education an der Technischen Universität München. Arbeitsschwerpunkte: Steigerung der Kompetenzorientierung im Bereich Chemie, Außerschulisches Lernen, Qualitative Methoden, Evaluation.

E-Mail: *eva.kriehuber@tum.de*

Prof. Dr. rer. nat. Claudia Nerdel, Leitung der Professur für Fachdidaktik Life Sciences und Leitung des Arbeitsbereichs Steigerung der Kompetenzorientierung im Projekt Teach@TUM der TUM School of Education an der Technischen Universität München. Arbeitsschwerpunkte: Digitales Lehren und Lernen, Kommunikative Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht, Umgang mit Fachsprache und Repräsentationen, Fächerübergreifende Naturwissenschaftsdidaktik.

E-Mail: *claudia.nerdel@tum.de*

Tina Pickert, Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt Teach@TUM der TUM School of Education an der Technischen Universität München. Arbeitsschwerpunkte: Weiterbildungen und Coaching zur Steigerung der Kompetenzorientierung und Digitalisierung der Lehre.

E-Mail: *tina.pickert@tum.de*

M. Ed. Christian Reiter, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt Teach@TUM der TUM School of Education an der Technischen Universität München und Studienrat für Biologie und Chemie am Gymnasium Miesbach. Arbeitsschwerpunkte: Entwicklung innovativer hochschuldidaktischer Lehr-Lernkonzepte im Bereich Biologie.

E-Mail: *c.reiter@tum.de*