

An authentischen Problemen Lehren lernen

Ein hochschuldidaktischer Ansatz zur Entwicklung (über-)fachlicher Kompetenzen

Tino Kühne, Maria Mathiszik, Darius Mertlik & Manuela Niethammer

Die Befähigung von Individuen zu zukunftsfähigem und nachhaltigem Denken und Handeln sowie zu verantwortungsvoller und aktiver gesellschaftlicher Teilhabe ist ein grundlegender Auftrag schulischer Bildung (KMK, 2004). Lernende sind folglich auf die globalen Herausforderungen unserer Gesellschaft vorzubereiten, welche sich in den 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung (Vereinte Nationen, 2017) manifestieren.

Unterricht fokussiert entsprechend neben dem Aufbau fachlicher Kompetenzen auch eine Entwicklung überfachlicher Kompetenzen im Sinne der 21st Century Skills (Rieckmann, 2018). Eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung dieser Kompetenzen wird den naturwissenschaftlichen Fächern zugeschrieben (Burmeister et al., 2012). Ein möglicher Ansatz für den (Chemie-)Unterricht ist hierbei das Lernen anhand (fächerübergreifender) Problemstellungen (Burmeister et al., 2012; Milker & Niethammer, 2022), mit denen die Lernenden nicht nur in der Schule, sondern auch an außerschulischen Lernorten konfrontiert werden können (Niethammer & Wils, 2020). Die mit der Planung problemorientierten Unterrichts einhergehenden Anforderungen an Lehrkräfte schließen neben der fachbezogenen Qualifikation auch überfachliche Kompetenzen ein (Richter-Killenberg et al., 2022) und bedingen eine entsprechende Ausrichtungsanpassung naturwissenschaftlicher Lehrkräftebildung von morgen. Ausgehend von diesem Anspruch wird im Folgenden der fachdidaktische Ansatz für die Lehrkräftebildung im Fach Chemie an der Technischen Universität Dresden (TU Dresden) dargestellt. Dafür wird zunächst die angestrebte Kompetenzentwicklung der Studierenden in Bezug auf die Planung von Lehr- und Lernprozessen anhand eines Spiralcurriculums verdeutlicht (Kap. 2). Anschließend werden diese Überlegungen anhand von zwei ausgewählten Lehrveranstaltungen expliziert (Kap. 2.1 und 2.2). Ausgangspunkte für die fachdidaktische Auseinandersetzung mit problemorientierten Lehr- und Lernprozessen sind dabei v. a. die Lebens- und Arbeitswelt sowie außerschulische Lernorte.

1. Problemorientierung als grundlegendes Prinzip der Gestaltung von Chemieunterricht

Ein wesentliches Ziel der fachdidaktischen Lehre an der TU Dresden ist die Vorbereitung angehender Chemielehrkräfte für die beschriebene, professionsbezogene Kernaufgabe, Chemieunterricht problem- sowie kompetenzorientiert und damit auch kognitiv aktivierend zu gestalten. Dieser Grundgedanke wird in der ersten fachdidaktischen Lehrveranstaltung, die regulär im vierten Fachsemester stattfindet, eingeführt und als Bezugs- und Orientierungspunkt durch alle folgenden Lehrveranstaltungen der Fachdidaktik Chemie mitgeführt.

Im ersten Semester der fachdidaktischen Lehre wird zunächst ein Überblick zum fachdidaktischen Gestaltungsspielraum erarbeitet. Leitend ist dabei die didaktische Grundbeziehung, wonach Lernende Aneignungsgegenständen/Inhalten gegenüberstehen, welche sie sich subjektiv erschließen müssen. Diese individuellen Lernprozesse optimal zu unterstützen und zu begleiten ist damit eine zentrale Aufgabe von Lehrpersonen. Folglich ist es notwendig, dass sich Lehrkräfte mit individuellen Lernprozessen auseinandersetzen, die v. a. anhand kognitivistischer und konstruktivistischer Lerntheorien charakterisiert werden (Niethammer, 2020). Gleichsam gilt es auch, Denken als Problemlöseprozess zu analysieren. Aus diesem Grund werden im Rahmen der fachdidaktischen Lehre verschiedene Operatoren, die schrittweise zur Lösung von Problemen führen, erarbeitet und aus kognitionspsychologischer Sicht sowie hinsichtlich ihrer Lernpotenziale diskutiert. Beispielhaft sind hier Lernen durch Instruktion, Lernen am Beispiel, durch Analogien oder durch Entdecken zu nennen (Anderson & Funke, 2013). Darüber hinaus werden die allgemeine Struktur von Problemlöseprozessen, die eine Mittel-Ziel-Analyse impliziert (Anderson & Funke, 2013), und deren grundlegende Bedeutung für die fachdidaktische Gestaltung lernendenzentrierten und kognitiv aktivierenden Unterrichts erörtert. Entlang dieser Problemlöseprozessstruktur werden alle didaktischen Funktionen sowie methodischen Gestaltungsdimensionen gespiegelt und mit den Facetten fachdidaktischen Wissens (u. a. Baumert & Kunter, 2006) verknüpft.

Folglich werden auch neben dem Bezug zu problemorientiertem Lernen die Handlungsfelder von Lehrkräften in den aufeinander aufbauenden fachdidaktischen Lehrveranstaltungen im Sinne eines Spiralcurriculums aus verschiedenen Perspektiven vertieft und weiterentwickelt (vgl. OA-Material „Fachdidaktische Module“). Hierbei sind v. a. die Sachanalyse und die damit verbundene Ziel- und Inhaltsauswahl, Aspekte der methodischen Gestaltung sowie die antizipierende und prozessbegleitende Diagnose von Lernausgangslagen zu nennen. Um die Inhalte in ihren sachlogischen Zusammenhängen zu erfassen und Lernpotenziale zu identifizieren, gilt es zu analysieren, in welchen Problemkontexten diese Inhalte bedeutsam sind. Dieses Herangehen ist für Studierende, denen dieses vielschichtige Denken oft noch schwerfällt, durchaus mit Schwierigkeiten verbunden. Es greift aber die ohnehin fällige Frage nach einer sinnstiftenden Motivation – als zentrales Element der fachdidaktischen Gestaltung – auf. Eine kompakte Darstellung des problemorientierten

Planungsansatzes findet sich im OA-Material „Elemente der Planung und Gestaltung problemorientierten Unterrichts“. Die Differenzierung der aufeinander aufbauenden fachdidaktischen Lehrveranstaltungen an der TU Dresden erfolgt v. a. über die Fokussierung verschiedener Inhaltsbereiche des Chemieunterrichts:

Zunächst wird der Schwerpunkt auf die naturwissenschaftliche Betrachtung von Stoffen und deren Veränderungsprozesse und damit auch auf die Basiskonzepte des Chemieunterrichts gelegt. Problemstellungen sind hierbei so zu generieren, dass sie eine naturwissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand erfordern und Bezüge zur Lebenswelt der Lernenden herstellen. Z. B. können Phänomene und damit auch Eigenschaften von Stoffen hinterfragt werden, deren Erklärung mit der Entwicklung naturwissenschaftlicher Konzepte bzw. Modellvorstellungen verbunden sind. An diese erste fachdidaktische Lehrveranstaltung schließt sich ein semesterbegleitendes Schulpraktikum an. In diesen schulpraktischen Übungen wenden die Studierenden ihre erworbenen Kenntnisse unter universitärer und schulischer Betreuung in einer Reihe von ersten Unterrichtsversuchen praktisch an. Neben der Entwicklung von Planungskompetenzen steht dabei auch die Reflexion des eigenen Professionalisierungsprozesses durch Hospitationen und Peer-Feedback im Vordergrund.

Zeitgleich zu den schulpraktischen Übungen wird der Blick auf problemorientiertes Lehren und Lernen im Chemieunterricht auf chemietechnische und analytische sowie gesellschaftliche Problem- bzw. Fragestellungen ausgeweitet. Dabei stehen z. B. Problemstellungen mit Bezug zur Materialentwicklung im Kontext nachhaltiger Entwicklung oder zur Bewertung chemisch-technischer Systeme im Fokus. Mit der erweiterten, chemietechnischen und gesellschaftlichen Perspektive auf die Welt als Aneignungsgegenstand wird auch herausgearbeitet, dass der Lernort Schule potenzielle Problemlöseprozesse begrenzt und dass außerschulische Lernorte eine problem- und zieladäquate Erweiterung des Gestaltungsspielraumes bieten (Kuske-Janßen et al., 2020, S. 24). Für diesen Zweck wird im Rahmen der fachdidaktischen Lehre am Standort Dresden das Lernen an außerschulischen Lernorten explizit thematisiert. Da die Studierenden der allgemeinbildenden Studiengänge neben der eigenen schulischen und universitären Ausbildung kaum Erfahrungen mit außerschulischen Lernorten oder der (nicht) akademischen Arbeitswelt vorweisen können, nehmen sie die Gestaltung derartiger Problemstellungen häufig als gleichwohl spannend und herausfordernd wahr.

Um auch die Erfahrungslücke bezüglich der Arbeitswelt zu schließen, wird den Studierenden im Modul „Chemie im Kontext der Lebens- und Arbeitswelt“ ein fachdidaktisch eingebundenes Betriebspraktikum ermöglicht (siehe Kap. 2.1). In diesem Modul erschließen sich die Lehramtsstudierenden Instrumentarien für die didaktisch induzierte Arbeitsanalyse (Niethammer & Schweder, 2016) und führen diese im Betriebspraktikum durch. Auf der Basis ihrer durch die Arbeitsanalyse erhobenen Daten leiten sie exemplarisch Ideen und Problemstellungen für einen arbeitsweltbezogenen Chemieunterricht ab. Dies ermöglicht den Studierenden auch einen praxisorientierten Zugang zur Querschnittsaufgabe der Studien- und Berufsorientierung. Im Lehramt an Oberschulen ist das Modul verpflichtend und kann von den Chemie-

Lehramtsstudierenden anderer Studiengänge im Rahmen der Ergänzungsstudien freiwillig gewählt werden.

Im abschließenden Modul der fachdidaktischen Lehre (siehe Kap. 2.2) konzipieren die Studierenden auf der Basis aller Überlegungen aus den vorangegangenen Semestern ein problemorientiertes Projekt für Lernende. Dieses Projekt erproben und evaluieren sie zudem mit Schulklassen. Eine weitere vertiefte Auseinandersetzung mit den problemorientierten Planungsüberlegungen findet ebenfalls in einem vierwöchigen Blockpraktikum B statt, in dem die Studierenden mindestens 18 Unterrichtsstunden im Fach Chemie selbstständig planen und unterrichten.

Nachfolgend wird anhand von zwei ausgewählten Lehrveranstaltungen ausgeführt, wie der fachdidaktische Lehransatz die angestrebte Kompetenzentwicklung der Studierenden unterstützt.

1.1 Kurzdarstellung des Moduls „Chemie im Kontext der Lebens- und Arbeitswelt“

Im Modul „Chemie im Kontext der Lebens- und Arbeitswelt“ ist vor allem die Arbeitswelt zentraler Gegenstand der fachdidaktischen Lehre. Die Arbeitswelt als Teil der Lebenswelt kann für die Kontextualisierung und Motivation von Unterricht eine wichtige Rolle einnehmen. So können Problemstellungen, welche im Unterricht den Lernprozess initiieren, unmittelbar mit Fragestellungen der realen Arbeitswelt verknüpft werden und den Lernenden zusätzlich einen Einblick in die Tätigkeiten naturwissenschaftlicher Berufsfelder geben. Damit kann ein Beitrag zur Berufs- bzw. Studienwahlentscheidung von Lernenden geleistet werden. Lehrkräfte sind in diesem Modul folglich dazu zu befähigen, reale Arbeitsaufgaben zu erkennen, relevante Inhalte für den schulischen Unterricht darin zu identifizieren und darauf aufbauend, Ideen für die methodische Gestaltung von Unterricht zu entwickeln.

Da die meisten Studierenden für Lehramt an allgemeinbildenden Schulen ohne eine berufliche Ausbildung zum Studium kommen, stehen sie jedoch vor der Herausforderung, die ihnen weitestgehend unbekanntere Arbeitswelt und damit einhergehende berufliche Tätigkeiten zu ergründen. Im Studium erhalten die Studierenden zwar v. a. Einblicke in Arbeitstechniken entsprechender (akademischen) Berufe, jedoch sind diese meist kontextlos und im Rahmen fachbezogener Laborpraktika verortet. Im Modul lernen die Studierenden daher authentische und berufsbezogene Aufgaben und Tätigkeiten in der realen Arbeitswelt kennen. Hierfür ist ein Betriebspraktikum im Umfang von zehn Arbeitstagen in einem Unternehmen oder einer Forschungseinrichtung verpflichtend.

Aus den Erlebnissen und Erfahrungen des Betriebspraktikums leiten die Studierenden sowohl Erkenntnisse zur Arbeit spezifischer Berufe als auch zu berufsspezifischen Problemstellungen ab. Dadurch können sie Lernenden Bezüge zur Arbeitswelt deutlich machen und auch besser einschätzen, welche Inhalte des Chemieunterrichts für die Bearbeitung beobachteter Arbeitsaufgaben notwendig sind.

Damit die Lehramtsstudierenden die Arbeitsaufgaben, welche sie im Rahmen des Betriebspraktikums beobachtet haben, hinsichtlich ihres didaktischen Potentials analysieren können, lernen sie in der Lehrveranstaltung die Methode der ‚didaktischen Arbeitsanalyse‘ (Niethammer & Schweder, 2016) kennen. Damit lassen sich reale Arbeitsaufgaben, die damit verbundenen Tätigkeiten und das zugrundeliegende Sachwissen systematisch erfassen und zielgruppengerechte Problemstellungen ableiten. Ausgehend vom ‚Ebenenmodell‘ nach Niethammer (2006) werden die Studierenden dafür bei der didaktischen Arbeitsanalyse von einem fragengestützten Praktikums-skript geleitet (Unverricht, 2015). Neben der Organisation der beruflichen Arbeit innerhalb des Unternehmens und in der Wechselbeziehung zu Kunden und Partner:innen, werden auch die Rahmenbedingungen sowie die spezifischen Denk- und Handlungsschritte einzelner Arbeitsaufgaben von Mitarbeiter:innen, deren Position im Unternehmen und dem Gesamtunternehmenskontext analysiert und zueinander in Beziehung gesetzt. Diese Informationen werden mithilfe der didaktischen Arbeitsanalyse als Bezugspunkt für die Unterrichtsplanung aufbereitet. Aus der resultierenden Ordnung des Ausschnitts der Arbeitswelt ergeben sich Unterrichtsinhalte, mögliche Erkenntniswege entlang des Problemlöseprozesses, Handlungsmuster sowie Überlegungen zu Sozialformen, welche die beobachtete Arbeitsorganisation widerspiegeln. Resultate der Arbeitsanalysen aus den Betriebspraktika sind arbeitsweltorientierte Unterrichtskonzepte, die sich konsequent an den Erfordernissen der Arbeitswelt ausrichten.

Durch das Praktikum werden somit insbesondere überfachliche Fähigkeiten, wie z. B. Kommunikations-, Sozial und Methodenkompetenzen, gefördert. Durch die Reflexion des Arbeitsfeldes auf einer Metaebene entwickeln die Studierenden außerdem ihre Fähigkeit weiter, fachspezifische Problemstellungen in realen Anwendungssituationen zu verorten und über die Planung von Unterrichtskonzepten Kontexte entsprechend der Analyse von Lernpotentialen in unterrichtliche Lehr-Lernumgebungen einzubetten. Damit leisten sie auch einen Beitrag für Aspekte der Wissenschaftskommunikation.

1.2 Kurzdarstellung des Moduls „Projektlernen im Chemieunterricht“

Zum Ende des fachdidaktischen Studiums sollen die Studierenden dazu befähigt werden, die erlernten Modelle und fachdidaktischen Ansätze des problemorientierten Lehrens und Lernens auf die Planung eines projektorientierten Unterrichtskonzeptes anzuwenden, in welchem die Lernenden sich überwiegend selbstständig mit einer Problemstellung aus der Arbeits- oder Lebenswelt auseinandersetzen. Die Fokussierung auf die didaktische Großform der Projektmethode (Frey et al., 2007) begründet sich dabei durch den Bezug zu problem- und handlungsorientiertem Lehren und Lernen. Dabei zeichnet sich die Projektmethode durch eine explizite Lernenden- und Produktorientierung (Frey et al., 2007) aus, wobei die Lernenden die konkreten Phasen eines Problemlöseprozesses selbstständig entwickeln, organisieren und durch-

laufen und damit auch überfachliche Kompetenzen wie Problemlösefähigkeiten und Projektmanagement erwerben.

Das zu entwickelnde Projekt für den Chemieunterricht wird im Rahmen der Lehrveranstaltung nicht nur theoretisch diskutiert, sondern auch mit Lernenden erprobt und evaluiert. Die Lehrkräfte unterstützen die Lernenden dabei vor allem auf einer Metaebene, indem sie diese dazu anregen, den Problemlöseprozess vollständig nachzuvollziehen. Dies setzt jedoch voraus, dass durch die Lehrenden der potenzielle Problemlöseprozess vollständig antizipiert wurde.

Die Projektkonzepte werden für konkrete Lernbereiche entwickelt, die durch kooperierende Schulen vorgegeben werden. Diese Inhaltsbereiche werden durch die Studierenden zunächst hinsichtlich der fachlichen Zusammenhänge strukturiert und analysiert. Diese Sachanalyse bildet die Grundlage für die methodische Konzeption der Projekte. Anhand der fachlichen Zusammenhänge sowie der Verknüpfungen zwischen den naturwissenschaftlichen, technischen und gesellschaftlichen Perspektiven auf den Fachinhalt leiten die Studierenden Problemstellungen ab, deren Bearbeitung die Auseinandersetzung mit eben diesen Inhalten erfordert und fördert. Die Problemstellungen sollten unmittelbar an der Lebenswelt der Lernenden bzw. an für sie nachvollziehbaren Kontexten der Arbeitswelt anknüpfen. Im OA-Material ist das grundsätzliche Schema für eine sachlogische Struktur von Inhalten im Kontext gesellschaftlicher, (verfahrens-)technischer und naturwissenschaftlicher Problemstellungen skizziert. Deutlich wird hierbei, wie die verschiedenen Betrachtungsebenen miteinander verknüpft sind und dass für eine vermeintlich fachliche Problemlösung auch immer überfachliche Perspektiven mit einbezogen werden müssen (Niethammer & Wils, 2020; vgl. Beispiele im OA-Material unter „SLS“). Ein besonderes Potenzial für die Entwicklung geeigneter Problemstellungen bieten an dieser Stelle auch außerschulische Lernorte. Neben der Auseinandersetzung mit lebens- und arbeitsweltnahen Fragen mit Bezügen zu Technik und Gesellschaftswissenschaften kann dadurch auch eine Öffnung des Schulunterrichts für neue Methoden und Lernwege erfolgen, wobei die Relevanz naturwissenschaftlicher Perspektiven nicht zu vernachlässigen ist (Niethammer & Wils, 2020). Für die Einbindung eines außerschulischen Lernortes in die Konzeption des Projektes ist v. a. die Identifikation von fachlichen und überfachlichen Lernpotentialen für die Entwicklung von (authentischen) Problemstellungen ausschlaggebend (Niethammer & Wils, 2020). Beispielsweise können durch den Besuch eines Besucherbergwerks Fragen bzgl. der Bedeutung des Bergbaus für eine nachhaltige regionale Entwicklung angeregt werden, für die auch naturwissenschaftliches Wissen, z. B. zu den Eigenschaften und der Verwendung der Rohstoffe, relevant ist.

An die zu entwickelnde Problemstellung werden schließlich verschiedene Anforderungen gestellt. Neben dem Bezug zur Lebens- und/oder Arbeitswelt sollte die Problemstellung ausreichend komplex sein, damit die Lernenden angeregt werden, sich neue Inhalte im Sinne eines konstruktiven Lernprozesses zu erschließen. Die Problemstellung darf jedoch auch nicht so komplex sein, dass es zu einer kognitiven Überforderung bei der Auseinandersetzung kommt. Damit müssen bei der Anti-

zipation des Problemlöseprozesses auch mögliche Lernhürden identifiziert und die Erarbeitung entsprechender erkenntnisunterstützender Mittel abgeleitet werden. Die Komplexität der Problemstellung kann u. a. anhand der Teilaufgaben, die die Problemlösung erforderlich macht, charakterisiert werden. Diese Teilaufgaben, in denen die relevanten Bildungsinhalte offensichtlich werden, strukturieren den Problemlöseprozess inhaltlich und methodisch.

In der methodischen Umsetzung ist die erste Herausforderung die Phase der Probleminitiierung, d. h. die Konfrontation der Lernenden mit der Problemstellung. Diese schafft die Motivation für die nachfolgende fachliche Auseinandersetzung. Die Initiierung der Problemstellung kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Ziel ist es, den Lernenden das Gefühl zu geben, dass sie persönlich – ggf. auch in einer angenommenen Rolle im Rahmen eines Rollenspiels – zur Lösung eines übergeordneten Problems aufgefordert sind. Exemplarisch sei hier die Initiierung im Rahmen einer Produktentwicklung für eine (fiktive) Unternehmer:innengruppe genannt, für die die Schüler:innen als Produkt einen *Sales Pitch* erarbeiten und vorstellen müssen. Beispiel für ein solches Produkt könnte ein Lebensmittel sein, welches z. B. den besonderen Bedarfen von Leistungssportlern gerecht werden muss, oder eine Technologie zur Gewinnung von *grünem Strom*. Beide Beispiele erfordern für die Problemlösung neben naturwissenschaftlichen oder technischen Erläuterungen auch eine kritische Bewertung des Handlungsergebnisses. Letzteres erfordert in der Regel auch eine Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Aspekten. Die Projekte so zu konzeptualisieren, dass Lernenden im Rahmen offener Problemstellungen einerseits selbstständiges Lernen ermöglicht und andererseits durch Unterstützungsmaterial eine kognitive Überforderung verhindert wird, stellt für Studierende eine komplexe Entwicklungsaufgabe dar. Um dieser zu begegnen, werden die Konzepte in Kleingruppen geplant und in verpflichtenden Konsultationsterminen mit den Peers sowie den Dozierenden diskutiert und weiterentwickelt. Die Projekte werden anschließend von allen an der Entwicklung beteiligten Studierenden mit Lernenden kooperierender Schulen erprobt. Die Studierendengruppen evaluieren zusätzlich gegenseitig die Erprobung der Konzepte, um über zusätzliches externes Feedback die eigenen Reflexionsprozesse im Rahmen der Lehrveranstaltung zu unterstützen. Ein Beispiel für ein ausgearbeitetes Studierenden-Projekt findet sich im OA-Material unter „Projekt – Wasserstoff als Energieträger“.

Zusammenfassend werden die Studierenden in der Lehrveranstaltung mit allen Anforderungen konfrontiert, die es bei der Planung, Durchführung und Evaluation problemorientierten Unterrichts im Fach Chemie auf Basis des fachdidaktischen Lehransatzes der TU Dresden zu berücksichtigen gilt. Mit der Projektmethode lernen sie dabei eine didaktische Großform kennen, mit der sie handlungs- und problemorientierte Unterrichtskonzepte auch unter Einbezug außerschulischer Lernorte planen können. Dabei stehen erneut Problemlösestrategien, interdisziplinäres Lehren und Lernen, grundlegende Gedanken zu nachhaltiger Entwicklung sowie die Positionierung zu naturwissenschaftlich-technischen Entwicklungen im Vordergrund.

2. Zusammenfassung und Ausblick

Das Bildungsverständnis der Fachdidaktik Chemie an der TU Dresden äußert sich im Bestreben, Lernende nachhaltig dazu zu befähigen, mit gesellschaftlichen Herausforderungen der Lebens- und Arbeitswelt im Sinne der Ziele nachhaltiger Entwicklung umgehen zu können. Dafür werden individuelle Lernprozesse von Lernenden zum Ausgangspunkt fachdidaktischer Überlegungen und Lehramtsstudierende zur Planung von problem- und kontextorientiertem Chemieunterricht befähigt. Dabei werden im Rahmen der fachdidaktischen Lehre neben verschiedenen Kontexten der Lebens- oder Arbeitswelt v. a. auch Problemlöseprozesse und die Facetten fachdidaktischer Professionalisierung fokussiert. Um entsprechende fachliche und überfachliche Kompetenzen im Rahmen des Studiums zu entwickeln, stellt der Beitrag anhand von zwei ausgewählten Lehrveranstaltungen dar, dass zusätzlich zur theoretischen Vermittlung fachdidaktischer Konzepte auch gezielt praktische Erfahrungen im Rahmen von Betriebs- und Schulpraktika sowie Projekterprobungen ermöglicht werden müssen. Um den problemorientierten Lehransatz der Fachdidaktik Chemie an der TU Dresden weiter auszubauen, werden darüber hinaus zukünftig verstärkt auch BNE, fächerübergreifendes Lernen unter Einbezug außerschulischer Lernorte und betriebliche Exkursionen im Sinne eines außer(hoch-)schulischen Lernens thematisiert und realisiert.

Literatur

- Anderson, J.R. & Funke, J. (2013). *Kognitive Psychologie*. Springer.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Burmeister, M., Rauch, F. & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 59–68.
- Frey, K., Schäfer, U., Knoll, M., Frey-Eiling, A., Heimlich, U. & Mie, K. (2007). *Die Projektmethode: Der Weg zum bildenden Tun* (neu ausgestattete Sonderausg.). Beltz.
- Großmann, L. & Krüger, D. (2022). Welche Rolle spielt das fachdidaktische Wissen von Biologie-Referendar*innen für die Qualität ihrer Unterrichtsentwürfe? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 28(1), 53–72.
- KMK. (2004/2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- Kuske-Janßen, W., Niethammer, M., Pospiech, G., Wieser, D., Wils, J.-T. & Wilsdorf, R. (2020). Außerschulische Lernorte – Theoretische Grundlagen und Forschungsstand. In G. Pospiech, M. Niethammer, D. Wieser & F.-M. Kuhlemann (Hrsg.), *Begegnungen mit der Wirklichkeit: Chancen für fächerübergreifendes Lernen an außerschulischen Lernorten* (S. 21–49). hep.
- Milker, C. & Niethammer, M. (2022). Chemie und Teilhabe. In A. Langner, M. Niethammer, M. Schütte, D. Wieser, P. Kemter-Hofmann, L. Friebe, D. Jugel, J. Jung, J. Matusche, C. Milker, S. Richter-Killenberg, J. Steffens & K. Wesemeyer (Hrsg.), *Schule inklusiv gestalten – das Projekt SING* (S. 285–318). Waxmann.

- Niethammer, M. (2006). *Berufliches Lernen und Lehren in Korrelation zur chemiebezogenen Facharbeit: Ansprüche und Gestaltungsansätze*. Bertelsmann.
- Niethammer, M. (2020). Der Lernprozess als Bezugspunkt didaktischen Handelns. In G. Pospiech, M. Niethammer, D. Wieser & F.-M. Kuhleemann (Hrsg.), *Begegnungen mit der Wirklichkeit: Chancen für fächerübergreifendes Lernen an außerschulischen Lernorten* (S. 95–104). hep.
- Niethammer, M. & Schweder, M. (2016). Handelnd Lernen: Situationsaufgaben als Ausgangspunkt berufsschulischen Unterrichts und universitärer [sic] Lehrerbildung. In B. Mahrin (Hrsg.), *Wertschätzung – Kommunikation – Kooperation: Perspektiven von Professionalität in Lehrkräftebildung, Berufsbildung und Erwerbsarbeit. Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Johannes Meyser* (S. 32–42). Universitätsverlag der TU Berlin.
- Niethammer, M. & Wils, J.-T. (2020). Potenziale der chemischen Fachperspektive für das fächerübergreifende Lernen an außerschulischen Lernorten. In G. Pospiech, M. Niethammer, D. Wieser & F.-M. Kuhleemann (Hrsg.), *Begegnungen mit der Wirklichkeit: Chancen für fächerübergreifendes Lernen an außerschulischen Lernorten* (S. 105–119). hep.
- Richter-Killenberg, S., Marlis, P., Langner, A. & Kemter-Hofmann, P. (2022). Psychologische Anforderungsbestimmung als Basis der Kompetenzdiagnostik und -entwicklung bei Lehrkräften in inklusiven Lehr-Lernsettings. In A. Langner, M. Niethammer, M. Schütte, D. Wieser, P. Kemter-Hofmann, L. Friebel, D. Jugel, J. Jung, J. Matusche, C. Milker, S. Richter-Killenberg, J. Steffens & K. Wesemeyer (Hrsg.), *Schule inklusiv gestalten – das Projekt SING* (S. 357–375). Waxmann.
- Rieckmann, M. (2018). Die Bedeutung von Bildung für nachhaltige Entwicklung für das Erreichen der Sustainable Development Goals (SDGs). *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 41(2), 4–10.
- Unverricht, I. (2015). *Betriebspraktika als Element kompetenzorientierter Lehrerbildung: Hochschuldidaktisches Konzept für den Studiengang Höheres Lehramt an Gymnasien für Chemie und Physik*. wbv.
- Vereinte Nationen. (2015). *Transformation unserer Welt: Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung*. Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015. <https://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>



Onlinematerial

Tino Kühne, Technische Universität Dresden, Fakultät Erziehungswissenschaften, BFR Chemietechnik; Didaktik der Chemie
 tino.kuehne1@tu-dresden.de
<https://orcid.org/0009-0005-2188-8330>

Maria Mathiszik, Technische Universität Dresden, Fakultät Erziehungswissenschaften, BFR
Chemietechnik; Didaktik der Chemie
maria.mathiszik@tu-dresden.de
<https://orcid.org/0009-0000-7842-7598>

Darius Mertlik, Technische Universität Dresden, Fakultät Erziehungswissenschaften, BFR
Chemietechnik; Didaktik der Chemie
darius.mertlik@tu-dresden.de
<https://orcid.org/0009-0003-1583-0840>

Manuela Niethammer, Technische Universität Dresden, Fakultät Erziehungswissenschaften,
Professur für Bautechnik und Holztechnik sowie Farbtechnik und Raumgestaltung/Beruf-
liche Didaktik
manuela.niethammer@tu-dresden.de