

MONIKA HOLLÄNDER – KATHARINA BÖHM – INSA MELLE

Systematische Integration des Universal Design for Learning in den Unterricht

Das Planungsmodell ChemDive mit seinen grundlegenden didaktischen Funktionen

Zusammenfassung:

Um der Diversität in Klassenräumen des 21. Jahrhunderts besser gerecht zu werden, sollte Unterricht von der Planung an für ein möglichst breites Spektrum an Lernenden zugänglich gestaltet werden. Ein Konzept mit evidenzbasierten Strategien zum Abbau von unnötigen Lernbarrieren und zur Erreichung individuell anspruchsvoller curricularer Lernziele ist das *Universal Design for Learning* (UDL). Die Implementation des UDL-Rahmenkonzepts in den Fachunterricht stellt jedoch für (angehende) Lehrkräfte eine Herausforderung dar. Das auf Basis einer umfangreichen Literaturrecherche entwickelte Planungsmodell ChemDive soll vor dem Hintergrund ausgewählter didaktischer Funktionen die systematische Integration von UDL-Prinzipien in Unterrichtsstunden erleichtern. In zukünftigen Studien kann dieses für das Fach Chemie entwickelte Modell empirisch geprüft und für andere Fächer adaptiert werden.

Infusing Universal Design for Learning into Classroom Practice - The Planning Model ChemDive with Selected Didactic Functions

Abstract:

Lessons should be accessible to the widest possible range of students to meet the challenge of highly diverse classrooms in the 21st century. One concept for reducing unnecessary barriers and reaching high educational expectations is called *Universal Design for Learning* (UDL). However, applying the UDL framework throughout the lesson planning process in different subjects is a big challenge for many (prospective) teachers. This article presents the literature-based planning model ChemDive with selected didactic functions to infuse UDL into chemistry classroom practice. Future studies should focus on further empirical proof and effects of the model and adaptations for other subjects.

1. Das Universal Design for Learning als Rahmenkonzept zur Gestaltung von inklusivem Fachunterricht und Steigerung der allgemeinen Unterrichtsqualität

Durch die Ratifikation der UN-Behindertenrechtskonvention im Jahr 2009 hat sich Deutschland dazu verpflichtet, ein inklusives Schulsystem zu etablieren, das von Zugänglichkeit und Teilhabe für alle Lernenden geprägt ist. Dies beinhaltet zweifelsohne neue Herausforderungen für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften, bietet aber auch einen Anlass, die allgemeine Qualität von Fachunterricht unter der Prämisse der Wertschätzung und Anerkennung menschlicher Vielfalt weiterzuentwickeln.

Ein Rahmenkonzept, das eingesetzt werden kann, um dieser Anforderung nachzukommen, ist das *Universal Design for Learning* (UDL). Ursprünglich wurde es in den 1990er Jahren in den USA von Mitarbeiter:innen des *Center for Applied Special Technology* (CAST: <https://www.cast.org/>) entwickelt. Es überträgt die Grundidee der *Universal Design*-Bewegung (UD) aus der Architektur (Center for Universal Design, 1997) - nämlich öffentliche Gebäude von Beginn an so zu gestalten, dass sie für ein möglichst weites Spektrum an Nutzenden zugänglich sind und aufwändige nachträgliche Anpassungen vermieden werden - auf den schulischen Kontext (Schlüter, Melle & Wember, 2016). Dabei sollen unnötige Lernbarrieren von Anfang an minimiert werden und möglichst alle Schüler:innen individuell anspruchsvolle curriculare Lernziele durch das proaktive Angebot von unterschiedlichen Verarbeitungs- und Evaluationswegen, Hilfsmitteln und Anforderungsniveaus erreichen können.

Die Heterogenitätsperspektive im Sinne des UDL ist dabei nicht nur auf das gemeinsame Lernen von Schüler:innen mit und ohne Bedarf an sonderpädagogischer Unterstützung begrenzt, sondern strebt auch ein differenziertes Unterrichtsangebot für Schüler:innen in Regelschulklassen an, die häufig irrtümlicherweise für homogene Lerngruppen gehalten werden, aber ebenfalls eine natürliche Variabilität – z. B. im Hinblick auf kognitive, emotional-volitionale und körperlich-motorische Lernvoraussetzungen – aufweisen (vgl. Hasselhorn & Gold, 2017; Krause & Kuhl, 2018).

Im Gegensatz zum Lernen im Gleichschritt setzt das UDL-Konzept auf eine flexible Gestaltung und passgenaue Kombination verschiedener Methoden, Materialien, Medien und Evaluationsformen im Fachunterricht für alle Lernenden, die an der Wahl und Operationalisierung angestrebter curricularer Lernziele ausgerichtet sein sollten (Böhm, Schildhauer & Zehne, 2021; Lapinski, Gravel & Rose, 2012; Ralabate, 2016). Abb. 1 verdeutlicht in einer Analogie das

Prinzip des flexiblen Erreichens von Zielen: Der Berg kann von verschiedenen, unterschiedlich steilen Seiten bestiegen oder es kann ein anderes Ziel bzw. ein leichter erreichbares Zwischenziel angestrebt werden. Dabei können variabel präparierte Zugänge mit Wegen, Brücken oder Kletterstiegen in individuellem Tempo genutzt werden. Zudem können weitere Hilfsmittel wie Stöcke oder Kletterseile zum Einsatz kommen. Ein Ziel lässt sich aber auch ohne Unterstützung auf dem kürzesten bzw. schnellsten Weg erklimmen.

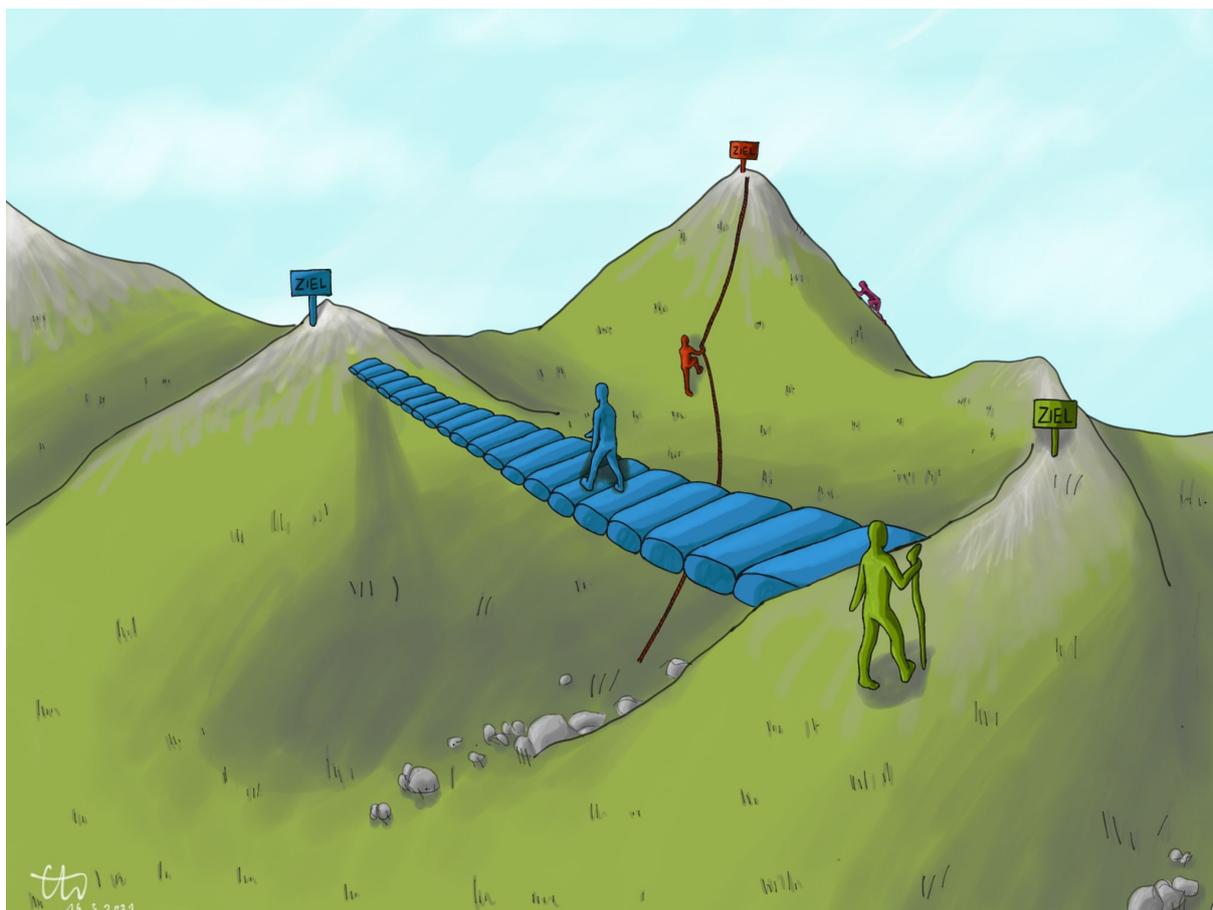


Abb. 1: Analogie zur universellen Zugänglichkeit von Lerninhalten (zeichnerische Umsetzung: Charlotte Holländer)

Als fächerübergreifende Orientierungshilfe zur Flexibilisierung der Unterrichtsgestaltung hat CAST evidenzbasierte Strategien zum Abbau von Lernbarrieren im Rahmen eines *Graphic Organizer* zusammengestellt, der die *UDL Guidelines* strukturiert. Diesem Artikel liegt die derzeit aktuelle Version des *Graphic Organizer* (CAST, 2018) zugrunde. Die Übersetzung in Tabelle 1 durch die Autorinnen dieses Artikels erfolgte auf Basis der englischsprachigen Beschreibung und Betitelung von CAST (2018) sowie in Anlehnung an Schlüter, Melle und Wember (2016,

S. 275). Es handelt sich hierbei um eine am Original orientierte, sinngemäße Übersetzung unter Verwendung von im deutschen Sprachraum gebräuchlichen Vokabeln aus der Lehr-/Lern- und Unterrichtsforschung. Der übergeordnete Hinweis, verschiedene Möglichkeiten anzubieten, um der natürlichen Vielfalt der Lernenden von Anfang an besser gerecht zu werden, bezieht sich dabei auf alle Prinzipien und Richtlinien des *Graphic Organizer*. Es sei darauf hingewiesen, dass die drei Prinzipien, neun Richtlinien und einunddreißig *Checkpoints* (kurz: CP) des UDL im Rahmen des *Graphic Organizer* in englischer Sprache sowie in deutscher Übersetzung nur einen kleinen Teil des dahinterstehenden Konstrukts und Maßnahmenbündels abbilden. Genauere Beschreibungen mit Beispielen für Realisierungsmöglichkeiten der *UDL Guidelines* finden sich im Original auf der Homepage <http://udlguidelines.cast.org/>. Im folgenden Abschnitt wird die Darstellung des UDL im *Graphic Organizer* kurz erläutert.

In der obersten Zeile sind die drei übergeordneten Prinzipien des UDL aufgeführt. Da sich Menschen von Natur aus darin unterscheiden, warum, was und wie sie am besten lernen, sollte sich diese natürliche Vielfalt auch im unterrichtlichen Angebot widerspiegeln (CAST, 2018). Die UDL-Prinzipien fordern daher, von Anfang an verschiedene Möglichkeiten zur *Förderung von Lernmotivation*, zur *Darstellung von Lerninhalten* und zur *Verarbeitung von Lerninhalten und Präsentation von Lernergebnissen* in den Fachunterricht einzuplanen. Eine Operationalisierung erfolgt in Form von Richtlinien und zugehörigen *Checkpoints*, deren jeweilige Effektivität durch eine breite Basis an wissenschaftlichen Befunden gestützt wird (CAST, 2018).¹

Der aktuelle *Graphic Organizer* (Version 2.2) fügt eine horizontale Betrachtungsweise der Richtlinien hinzu (CAST, 2018; Böhm et al., 2021): Während mithilfe der Richtlinien 7, 1 und 4 ein affektiver, informationeller und eigenaktiver *Zugang* zum Lerngegenstand geschaffen werden soll, kann die Berücksichtigung der Richtlinien 8, 2 und 5 dem gezielten *Aufbau* von Kompetenzen zuträglich sein, indem verschiedene Möglichkeiten zur Förderung der Anstrengungsbereitschaft und des Durchhaltevermögens, der Klärung von sprachlichen und symbolischen Informationen sowie der Kommunikation und Präsentation von Lernergebnissen angeboten

¹ Die Nummerierung in Tab. 1 wurde aus dem englischsprachigen Original (CAST, 2018; Version 2.2) übernommen. Sie stellt keine Priorisierung dar, sondern dient im Rahmen dieses Artikels dazu, kurz und präzise auf einzelne Elemente des *Graphic Organizer* verweisen zu können. Der Grund, warum die Nummerierung mit 7 und nicht mit 1 beginnt, liegt darin, dass das Prinzip *Lernmotivation* in vorherigen Versionen des *Graphic Organizer* in der äußeren rechten Spalte angeordnet war (z. B. CAST, 2011; Version 2.0) und die Nummerierung aus Kontinuitätsgründen in Version 2.2 beibehalten worden ist.

Tab. 1: Übersicht der UDL-Guidelines bestehend aus drei Prinzipien, neun Richtlinien und einunddreißig Checkpoints

Verschiedene Möglichkeiten zur ...		Darstellung von Lerninhalten	Verarbeitung von Lerninhalten & Präsentation von Lernergebnissen
Zugang	7. Lerninteresse	1. Informationsaufnahme 1.1 Anbieten von individuellen Anpassungsmöglichkeiten bei der Darstellung von Informationen (z. B. Vergrößerung) 1.2 Anbieten von Alternativen zur auditiven Informationsaufnahme 1.3 Anbieten von Alternativen zur visuellen Informationsaufnahme	4. Motorische Lernhandlung 4.1 Variieren von Möglichkeiten zur Steuerung bzw. Bearbeitung von Lernmaterialien und Erstellung von Antworten 4.2 Optimieren des Zugangs zu Bearbeitungsmedien und assistiven Technologien (z. B. anpassbare Tastaturen, Touch Screens)
	8. Anstrengungsbereitschaft & Durchhaltevermögen	2. Sprachliche & symbolische Informationsdarstellung 2.1 Anbieten von Hilfen zur Klärung von (Fach-) Begriffen und Symbolen 2.2 Anbieten von Hilfen zur Klärung von Satzbau und Strukturen 2.3 Unterstützen der Dekodierung von Text, Formeln und Symbolen 2.4 Fördern der Nutzung von Kenntnissen in anderen Sprachen (z. B. Erstsprache, Alltagssprache, Zeichensprache etc.) 2.5 Verdeutlichen von Schlüsselbegriffen durch verschiedene Darstellungsweisen	5. Ergebnispräsentation & Kommunikation 5.1 Ermöglichen von verschiedenen Arten der Kommunikation und Ergebnispräsentation 5.2 Ermöglichen der Nutzung von Hilfsmitteln zur Ergebnisstellung (z. B. Taschenrechner, Wörterbücher, Rechtschreibprüfung) 5.3 Unterstützen des sukzessiven Kompetenzaufbaus durch verschiedene Levels an reduzierbarer Unterstützung (Scaffolding) bei Übung und Anwendung
Aufbau	9. Selbstreguliertes Lernen	3. Verstehen 3.1 Aktivieren von Vorwissen und Anbieten von Hintergrundinformationen 3.2 Hervorheben von wichtigen Informationen, Merkmalen, Mustern, Ideen und Zusammenhängen 3.3 Systematisches Anleiten der Informationsverarbeitung (z. B. durch Modellierung, Scaffolding, Feedback etc.) 3.4 Maximieren von Behalten, Generalisierung und Transfer des Gelernten	6. Exekutive Funktionen 6.1 Initiieren und Unterstützen von angemessener Lernzielsetzung 6.2 Unterstützen der Planung und Strategieentwicklung zur Zielerreichung 6.3 Erleichtern des organisierten Umgangs mit Informationen und Ressourcen 6.4 Unterstützen der Überprüfung und Steuerung des eigenen Lernfortschritts
	Interneislerung	9.1 Fördern von persönlichen Zielen zur Selbstregulation und von Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten zur Optimierung der Motivation 9.2 Fördern von persönlichen Bewältigungskompetenzen und -strategien 9.3 Fördern von Selbstevaluations- und Reflexionsfähigkeit	
Ziel	Lernexpertinnen und -experten sind ... intentional & motiviert	ressourcen- & sachkundig	strategisch & zielgerichtet

Übersetzt und adaptiert nach CAST (2018). Universal Design for Learning Guidelines version 2.2. Verfügbar unter <http://udlguidelines.cast.org>

werden. Die Richtlinien 9, 3 und 6 zielen durch die Berücksichtigung von Optionen zur Unterstützung von selbstreguliertem Lernen, von Verstehensprozessen sowie von exekutiven Funktionen hingegen verstärkt auf die *Internalisierung* von Kompetenzen ab. Übergeordnetes Ziel ist es, dass alle Schüler:innen auf lange Sicht als intentional und motiviert agierende, mit Ressourcen und Fachwissen ausgestattete sowie zielgerichtet und strategisch handelnde Individuen möglichst hohe Lernziele erreichen können (siehe letzte Zeile von Tab. 1).

2. Systematische Integration von UDL Guidelines in Unterrichtsstunden

Ralabate (2016, S. 8-9), die u. a. als *Director of Implementation* bei CAST gearbeitet hat, berichtet, dass manche Lehrkräfte Probleme haben, das theoretische und fächerübergreifende UDL-Rahmenkonzept ohne Anleitung in ihrer unterrichtlichen Praxis zu implementieren. Daher wurde ein sechsstufiges Vorgehen entwickelt, das die systematische Berücksichtigung des UDL-Rahmenkonzepts bei der Unterrichtsplanung unterstützt (Ralabate, 2016). Dieses beinhaltet die Planungsstufen *Goals (1)*, *Lerner Variability (2)*, *Assessment (3)*, *Methods, Materials and Media (4)*, *Teach and Assess (5)* und *Reflect (6)*. Ralabate (2016) betont, dass alle Schritte für eine erfolgreiche Planung von universell zugänglichem Fachunterricht wichtig sein können, jedoch kein Patentrezept darstellen. In diesem Artikel wird vor allem Stufe 4 in den Blick genommen. Auf dieser sollen (angehende) Lehrkräfte einen Verlaufsplan unter Berücksichtigung geeigneter Lehr-/Lernformen bzw. Methoden, Materialien und Medien, die wiederum auf die zuvor definierten Lernziele, Evaluationsformen und Lernvoraussetzungen der Schüler:innen abgestimmt sind, anfertigen.

Zur Planung einer lernwirksamen und universell zugänglichen Unterrichtsstunde oder -einheit lässt sich auf Planungsstufe 4 z. B. an bereits bestehende fachdidaktische Methoden bzw. Unterrichtsverlaufsmodelle anknüpfen, deren einzelne Komponenten auf Kompatibilität mit dem UDL geprüft und ggf. durch Adaptionen und Ergänzungen im Hinblick auf universelle Zugänglichkeit optimiert werden. Ralabate (2016) beschreibt diesen Prozess auch als „*Teaching Methods with a UDL Spin*“ (S. 83) oder als "*Infusing UDL into traditional methods*" (S. 85). Exemplarisch zeigt sie auf, wie diese Anreicherung bereits bestehender, mehr oder weniger lehrer- oder schülerzentrierter Lehr-/Lernmethoden mit *UDL Guidelines* zu realisieren ist (Ralabate, 2016, S. 85-97). Abhängig von Entscheidungen auf vorherigen Planungsstufen (z. B. im Hinblick auf Lernziele, Lernvoraussetzungen und Evaluationsformen) sind Kombinationen verschiedener Ansätze und fachdidaktischer Modelle denkbar (Ralabate, 2016). Auf den

Websites *UDL Lesson Planner* (CAST, 2005-2011) und *CAST UDL Exchange* (CAST, 2012) präsentiert CAST u. a. fächerübergreifende Gestaltungselemente mit einem *UDL Spin* als Hilfestellung zur systematischen Berücksichtigung von *UDL Guidelines* im Rahmen der eigenen Unterrichtsverlaufsplanung.

Dieser Beitrag mit Fokus auf das Fach Chemie knüpft in Anlehnung an Ralabate (2016) an gängige, auf wissenschaftlichen Befunden basierende Phasen- bzw. Verlaufsplanmodelle aus dem naturwissenschaftlichen Bereich (z. B. Di Fuccia & Ralle, 2010; Leisen, 2014; Parchmann et al., 2006; Schmidkunz & Lindemann, 1999) sowie an die Vorschläge zur fächerübergreifenden Verlaufsplanung von CAST (2005-2011, 2012) und darauf aufbauende Untersuchungen (Böhm, in Vorbereitung) an. Im Rahmen der Literaturanalyse wurden Parallelen in der Phasierung von Chemieunterricht zwischen den betrachteten Modellen identifiziert, denen zur konkreten Umsetzung bei der Unterrichtsplanung gemäß UDL didaktische Funktionen zugeordnet werden konnten. In Anlehnung an Drefenstedt (1969), Jank (1993), Jokiahho (2016) und Rosenbach (2008) umfasst der Begriff *didaktische Funktionen* allgemeine und vom Planungsansatz unabhängige Funktionen von unterrichtlichen Aktivitäten wie das Aktivieren von Vorwissen oder das Sichern von Ergebnissen. Diese theoretische Zusammenstellung ist ein empirisch zu prüfendes Arbeitsmodell mit dem Ziel, (angehenden) Lehrkräften eine Orientierungshilfe zur systematischen Berücksichtigung von *UDL Guidelines* bei der Planung von universell zugänglichem Chemieunterricht zu bieten.

Im folgenden Kapitel werden die didaktischen Funktionen von ChemDive (Chemistry for Diversity) beschrieben, die umgesetzten *UDL Guidelines* erläutert und die jeweiligen fachdidaktischen, allgemeindidaktischen und/oder UDL-bezogenen Quellen angeführt.

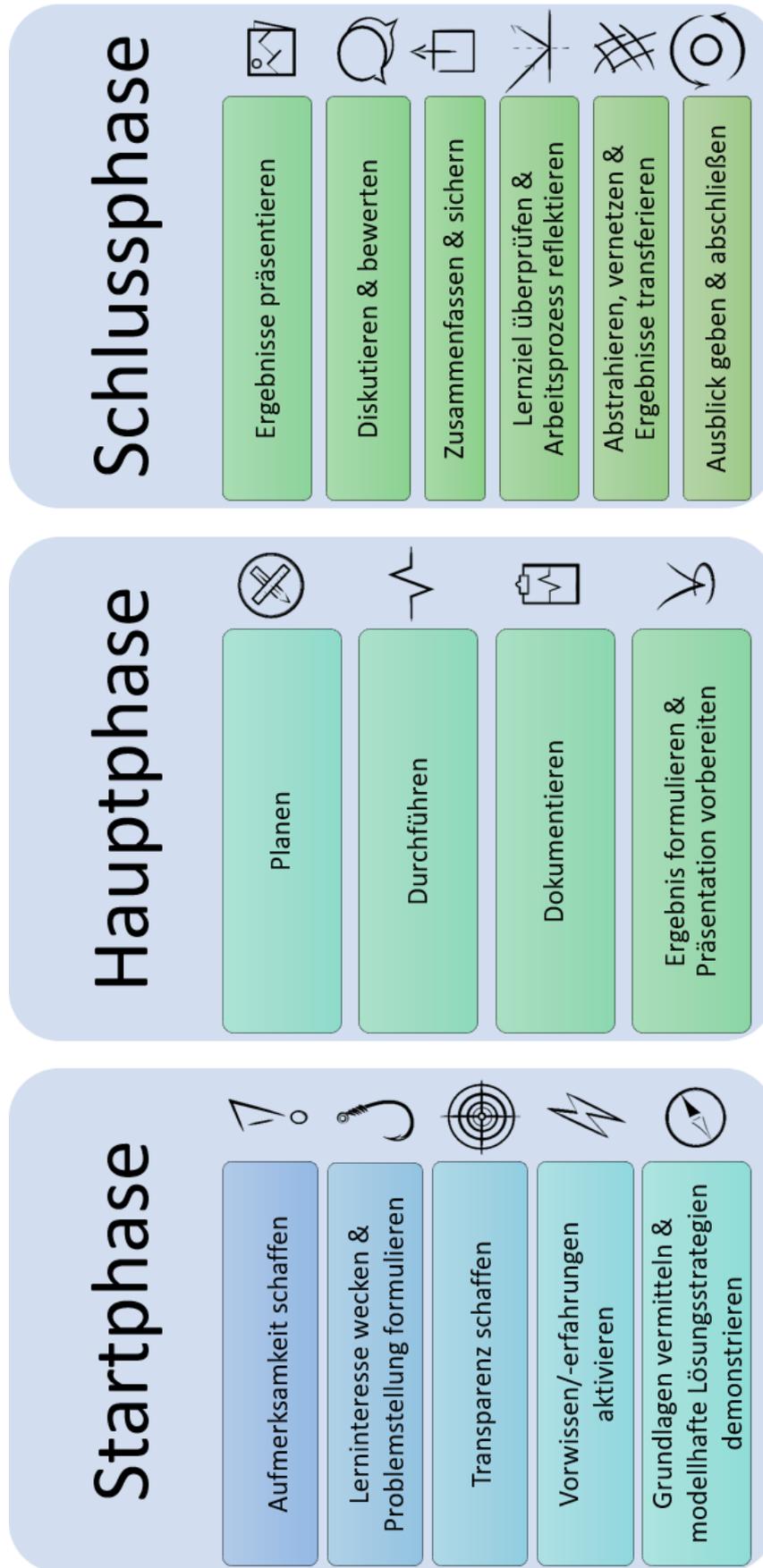


Abb. 2: Übersicht der didaktischen Funktionen in verschiedenen Unterrichtsphasen mit dazu entwickelten Symbolen (zeichnerische Umsetzung der Symbole: Katharina Ziesen)

3. Didaktische Funktionen

Die in Abb. 2 dargestellten didaktischen Funktionen lassen sich grob einer Start-, Haupt- und Schlussphase zuordnen, wobei die Übergänge zwischen den Phasen fließend sein können. In Abhängigkeit von Entscheidungen auf vorherigen Planungsstufen können unterschiedliche didaktische Funktionen in einer Unterrichtsstunde relevant sein. Sie können auch in der Reihenfolge ihres Einsatzes variieren oder mehrmals innerhalb einer Unterrichtseinheit vorkommen. Die Durchführung einer unterrichtlichen Aktivität kann zudem verschiedene didaktische Funktionen gleichzeitig erfüllen (Böhm, in Vorbereitung).

Startphase



Aufmerksamkeit schaffen

Verschiedene Begrüßungsrituale oder -routinen helfen Schüler:innen dabei, sich auf die Unterrichtssituation zu fokussieren und auf das Fach, die Lehr-/Lernumgebung und die Lehrkraft einzustimmen. Dabei sollten nicht nur Aufmerksamkeit, Konzentration und Präsenz, sondern auch ein Klima der Anerkennung, Wertschätzung und Sicherheit für alle Lernenden hergestellt werden, um so Ablenkungen durch soziale Bedürfnisse oder Vermeidung negativer Erfahrungen zu minimieren (CP 7.3). Verschiedene Möglichkeiten zur Klärung von Fragen zur formalen Organisation, Anwesenheit, Gruppenbildung, Sitzordnung oder zu sozialen Konflikten – also wesentliche Elemente des Classroom Managements – tragen dazu bei, präventiv außerunterrichtliche Ablenkungen zu minimieren, die physische und wahrgenommene psychosoziale Sicherheit im (Fach-)Raum zu gewährleisten und den inhaltlichen Unterrichtsfluss später nicht unterbrechen zu müssen (Borsch, 2019; Brüning & Saum, 2009; CAST, 2018; Hasselhorn & Gold, 2017; Helmke, 2009; Meyer, 2018; Praetorius et al., 2020).



Lerninteresse wecken und Problemstellung formulieren

Eine konkrete Frage- bzw. Problemstellung zum inhaltlichen Einstieg ins Thema weckt das fachliche Interesse der Lernenden (Richtlinie 7). Diese Unterrichtsfunktion kann auch mit *The Hook* (CAST, 2005-2011; CAST, 2012; Lemov, 2010) bezeichnet werden: Der englische Begriff *hook* kann mit dem Verb *angeln* übersetzt werden. Eine Lehrkraft angelt sich zu Beginn des Unterrichts im übertragenden Sinne die Aufmerksamkeit bzw. das Interesse der Lernenden für ein Thema bzw. ein Problem. Die Problem- bzw. Fragestellung kann dabei auf verschiedene

Art und Weise gemeinsam mit den Lernenden erarbeitet und formuliert werden. Das Problem sollte für möglichst viele Lernende bedeutsam sein, wobei der lebensweltliche Bezug, der persönliche Nutzen oder die Bedeutsamkeit des Lerngegenstands herausgestellt werden sollten (CP 7.2) (Watzka & Girwidz, 2015). Ziel ist es, die Motivation und das Durchhaltevermögen (Richtlinie 8) der Lernenden durch die Einführung in einen konkreten Handlungs- und Anwendungskontext zu fördern (vgl. auch Kölbach & Sumfleth, 2013; Parchmann et al., 2006). Ein *Hook* sollte kurz und prägnant gestaltet sein, optimistisch stimmen und energetisierend wirken, so dass möglichst alle Lernenden Interesse an der Auseinandersetzung mit der Problem- bzw. Aufgabenstellung entwickeln (Lemov, 2010). Beispielsweise kann eine problemorientierte Rahmengeschichte mithilfe verschiedener Darstellungs- oder Aktivitätsoptionen (Prinzip *Darstellung von Lerninhalten* und Prinzip *Lernaktivität & Lernergebnispräsentation* in Tab. 1) – z. B. mit einem Bild, einem Gegenstand, einem Zeitungsausschnitt, einem kurzen Video-clip, einem kleinen Rollenspiel, einem provokativen Statement, einem kurzen Experiment oder einem herausfordernden Spiel bzw. Rätsel – eingeführt werden (CAST, 2005-2011; CAST, 2012; Lemov, 2010).



Transparenz schaffen

Die Ziele und der Ablauf des Unterrichts sollen klar benannt und auf unterschiedliche Art und Weise dargestellt werden (Prinzip *Darstellung von Informationen*). Sie lassen sich auf verschiedenen Wegen gemeinsam mit den Lernenden erarbeiten und herleiten (Prinzip *Lernaktivität & Lernergebnispräsentation*). Spätestens zu Beginn der Eigenaktivität der Lernenden sollte Klarheit über die Ziele und die gestellten (Kompetenz-)Erwartungen herrschen. Um diese auch während des Unterrichts präsent zu halten, bietet sich eine gut sichtbare und für alle verständliche Visualisierung in schriftlicher, bildlicher oder symbolischer Form an der Tafel, auf einem Plakat, auf einem Arbeitsblatt oder als Tischkärtchen an (CP 8.1). Schwerpunktlernziele sind dabei so eindeutig und verständlich zu formulieren, dass alle Lernenden sie mit ihren eigenen Worten (schriftlich, mündlich oder zeichnerisch) wiedergeben können (Richtlinie 4). Zusätzlich kann durch verschiedene lebensweltnahe Anwendungsbeispiele und -kontexte verdeutlicht werden, warum es erstrebenswert ist, ein bestimmtes Lernziel zu erreichen (CP 3.4 & CP 7.2). Ein Ziel soll immer operationalisierbar sein und in seiner Umsetzung exemplarisch demonstriert werden, so dass der individuelle Erfolg und der Grad der (Teil-)Zielerreichung anhand konkreter, transparent gemachter Kriterien überprüft werden kann (CP 6.4, CP 8.1 & CP 9.3).

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Lernenden dazu anzuleiten, sich möglichst realistische, persönliche Teilziele zu setzen, die sie innerhalb eines bestimmten Zeitraums erreichen möchten. Dies kann nicht nur fachliche, sondern auch verhaltensbezogene individuelle (Teil-)Ziele umfassen (CP 6.1 & CP 9.1). Neben Zieltransparenz spielt auch die Herstellung von Ablauftransparenz eine wesentliche Rolle für ein effizientes, strategisches und planvolles Vorgehen im Lernprozess (CP 6.2 & CP 9.2) – realisierbar durch die Erarbeitung eines Handlungs- oder Ablaufplans, der während der Eigenaktivität der Lernenden in Form einer abhakbaren Checkliste präsent ist (CP 6.3). Die Herstellung von Ablauftransparenz lässt sich mit der modellhaften Demonstration von Lösungsstrategien verknüpfen. Je nach Thema und Stundenziel kann Ablauftransparenz jedoch auch schon zu Beginn des Unterrichts innerhalb der didaktischen Funktion *Aufmerksamkeit schaffen* hergestellt werden. So dient sie als motivierende Vorschau auf die Unterrichtsstunde und bildet den Rahmen für das unterrichtliche Geschehen, betont interessante Aktivitäten und schafft Sicherheit bzw. Handhabbarkeit der Lerngelegenheit (CP 7.3) (Brüning & Saum, 2009; CAST, 2005-2011; CAST, 2012; Ralabate, 2016).



Vorwissen/-erfahrungen aktivieren

Für erfolgreiches Lernen ist es von zentraler Bedeutung, mit neuen Inhalten und Herausforderungen an Vorwissen, Vorerfahrungen und bereits erworbene Kompetenzen der Lernenden anzuknüpfen (CP 3.1), um vernetzte Langzeitgedächtnisstrukturen zu stärken und die Verarbeitungstiefe und Abrufbarkeit von Informationen zu steigern (Hasselhorn & Gold, 2017; Müller & Duit, 2004). Durch das Aufzeigen von Analogien und Transferbeispielen zu bereits bekannten Inhalten und Strukturen kann das Selbstvertrauen der Lernenden gestärkt werden. Zentrale Grundlagen und Hintergrundinformationen zur Bewältigung der Problem- bzw. Aufgabenstellung sollten aktiv wiederholt, reaktiviert oder zusammengefasst werden, anstatt darauf zu vertrauen, dass die Lernenden die zentralen Erkenntnisse der letzten Unterrichtsstunde noch präsent haben und dass der Zusammenhang mit den neuen Inhalten offensichtlich ist (CP 3.4). Interesseweckende Leitfragen, übersichtliche Visualisierungen, Advance Organizer oder spielerische Aktivitäten können die Motivation, die Involviertheit und die Eigenaktivität der Lernenden anregen (Hauerstein, 2019; Holländer & Melle, 2011, 2012). Außerdem kann der bisherige Kompetenzstand von Lernenden auf unterschiedlichen Wegen erfasst werden (Prinzip *Lernaktivität & Lernergebnispräsentation*), um den Lernenden die Entwicklung der individuellen Lernfortschritte am Ende der Unterrichtsstunde bzw. -einheit und ihre

Weiterentwicklungsmöglichkeiten (CP 6.4) vor Augen führen zu können (CAST, 2005-2011; CAST, 2012; Hattie & Timperley, 2007).



Grundlagen vermitteln und modellhafte Lösungsstrategien demonstrieren

Neues Wissen und neue Kompetenzen, die für die Bewältigung einer Problem- oder Aufgabenstellung notwendig sind, sollten unter Berücksichtigung verschiedener Lernvoraussetzungen mit vielfältigen Verfahren vermittelt und erarbeitet bzw. modelliert werden. So lässt sich exemplarisch demonstrieren, wie einzelne Handlungsschritte auf dem Weg zum Lernziel bzw. zur Problemlösung planvoll und strategisch zu absolvieren sind und worauf dabei besonders geachtet werden sollte, um hinsichtlich der individuellen Zielsetzungen erfolgreich zu sein (CP 6.2 & CP 9.2) (Brüning & Saum, 2019; Edelmann & Wittmann, 2019; Klauer & Leutner, 2012; Kölbach, Maier-Richter & Sumfleth, 2015; Schermer, 2018). Für den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess können Fragen zu den verschiedenen Schritten der Problemlöseprozedur entwickelt, besprochen und verfügbar gemacht werden, um das wissenschaftliche Denken zu fördern (Emden, Koenen & Sumfleth, 2016). Das Vorgehen beim Experimentieren kann exemplarisch schrittweise simuliert, verbalisiert oder anhand eines Beispiels mit verschiedenen Lernenden durchgespielt bzw. unter Anleitung ausprobiert werden (CP 3.3). Es kann hilfreich sein, richtungsweisende Beispiele oder Gegenbeispiele für mögliche Lernprodukte zu präsentieren - ein mündliches und/oder schriftliches Protokoll oder Modelldarstellungen -, an denen Kriterien zur Reflexion oder Bewertung der Zielerreichung bzw. Problemlösung aufgezeigt werden (CP 3.2 & CP 8.1). Neben solchen modellhaften metakognitiven Lern-, Lösungs- und Bewältigungsstrategien oder Ablaufplänen können auch Regeln zum Umgang miteinander und mit Materialien, Medien, Apparaturen oder Chemikalien besprochen werden, um eine sichere Lernumgebung für alle (Dollard, Christensen, Colucci & Epanchin, 1996; Koenen, Emden & Sumfleth, 2017; Slavin, 1996;) herzustellen (CP 7.3) und den geordneten Umgang mit Informationen und Ressourcen zu unterstützen (CP 6.3). Die Lernenden sollten dabei nicht nur wissen, was genau von ihnen erwartet wird (CP 8.1) und in welchem Rahmen sie agieren können, sondern auch, welche Hilfen und Ressourcen sie bei Schwierigkeiten auf dem Weg zur Erreichung des Lernziels bzw. zur Lösung des Problems weiterbringen (CP 5.3), so dass Motivation und Durchhaltevermögen möglichst aller Lernenden gestärkt werden (Richtlinie 8). Die aktive Lernzeit in der Hauptphase lässt sich maximieren, indem persönliche Ziele abgesteckt (CP 6.1

& CP 9.1), relevante Informationen hervorgehoben, das Verständnis der Aufgabenstellung bzw. Problemstruktur überprüft und Gelegenheit zur Klärung von Fragen und Unsicherheiten eingeräumt werden (CP 3.2). Gleichzeitig werden so potenzielle Ablenkungen minimiert (CP 7.3) und der Übergang von der Start- zur Hauptphase gestaltet (Brüning & Saum, 2009; CAST, 2005-2011; CAST, 2012; Helmke, 2009; Meyer, 2018).

Hauptphase

Spätestens im Hauptteil des Unterrichts sollten alle Lernenden (z. B. in Form von Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit) auf unterschiedliche Art und Weise selbst aktiv werden und an der zentralen Problem-, Frage- oder Aufgabenstellung arbeiten (Prinzip *Lernaktivität & Lernergebnispräsentation*). Diese Eigenaktivität sollte gut strukturiert sein und je nach Ziel, Thema und Lehr-/Lernform des Unterrichts durch zeitliche Hilfestellungen oder Gliederungshilfen durch die Lehrkraft begleitet werden (CP 5.3). Äußere Rahmenvorgaben, Ziele und Aufgabenstellungen, die variieren können, sollten zuvor klar und eindeutig herausgestellt bzw. visualisiert sein (CP 8.1, siehe auch *Grundlagen vermitteln und modellhafte Lösungsstrategien demonstrieren*) (Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer & Leutner, 2008). Um der gegebenen Variabilität der Lernenden besser gerecht zu werden, sollte das jeweils angestrebte Lernziel auf unterschiedlichen Wegen oder Niveaus sowie mit verschiedenen (digitalen) Hilfsangeboten und Hilfsmitteln zu erreichen sein (Kuhn, Ropohl & Groß, 2017). Die Verarbeitung von Informationen und die Darstellung von Lernergebnissen (Prinzip *Lernaktivität & Lernergebnispräsentation*) kann daher – falls im Rahmen des Lernziels nicht explizit festgelegt – auf multiple Art und Weise erfolgen. Während zu Beginn ggf. noch eine stärkere Anleitung und Hilfestellung im Hinblick auf die Anwendung einer bestimmten Kompetenz erforderlich ist, sollte stets das langfristige Ziel im Blick behalten werden, die exekutiven Funktionen - also z. B. das Setzen persönlicher (Teil-)Ziele, die systematische Planung der Vorgehensweise oder Überprüfung (Synonym: Überwachung) von Lernfortschritten (Richtlinie 6) und die fachliche Selbstständigkeit der Lernenden - schrittweise zu stärken und helfen auszubauen (CAST, 2005-2011; CAST, 2012). Die Arbeit an der zentralen Problem- bzw. Fragestellung im Rahmen der Hauptphase beinhaltet im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig die vier Funktionen *Planen, Durchführen, Dokumentieren* sowie *Ergebnisse formulieren und Präsentation vorbereiten*, die je nach fachlichem Lernziel, Inhaltsbereich und Lernstand variiert, kombiniert, ergänzt oder ausgelassen werden können (z. B. Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth, 2008; Schreiber, Theyßen & Schecker,

2009). Bei einem anderen inhaltlichen Schwerpunkt als dem Erkenntnisweg kann man diese Funktionen auch in einer Erarbeitungsphase zur zentralen Aufgabenstellung durchlaufen.



Planen

Zu Beginn der Arbeit an der zentralen Problem-, Frage- oder Aufgabenstellung sollten die Lernenden dabei unterstützt werden, Überlegungen zur Problemlösung anzustellen, Ideen zu generieren (z. B. Hypothesenbildung) und im Rahmen von Planungsprozessen zur Überprüfung von Hypothesen (CP 6.2, CP 5.3 & CP 9.2) die Durchführung eines Experiments oder die Bearbeitung einer Aufgabe auf unterschiedliche Art und Weise vorzubereiten. Abhängig vom Lehr-/Lernsetting sind dazu ggf. bestimmte Materialien, Medien, Geräte und Chemikalien bereitzustellen und der individuelle Arbeitsplatz einzurichten. Durch eine ziel- und ressourcenorientierte Gestaltung bzw. Vorbereitung der Lernumgebung (Krajewski & Ennemoser, 2010) kann eine Lehrkraft Unübersichtlichkeit und Ablenkungen vermeiden und die Zeit der aktiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand erhöhen (CP 7.3). Beispielsweise liegen die benötigten Materialien schon gruppenweise parat oder sie stehen in Experimentier- oder Interaktionsboxen bereit (Emden et al., 2016; Stephani, 2018). Im Fall der Durchführung eines Projekts oder eines Experiments in Partner- oder Gruppenarbeit sollte zudem eine geregelte bzw. strukturierte Absprache innerhalb eines Teams erfolgen (CP 8.3), bei der wichtige Informationen und Hilfsmittel gesichtet, erste Handlungsschritte geplant oder Rollen verteilt bzw. geklärt werden (Brüning & Saum, 2009; Reiners, 2017).



Durchführen

Die Durchführung eines Experiments bzw. die konkrete Bearbeitung der zentralen Problem-, Frage- oder Aufgabenstellung sollte von der Lehrkraft und ggf. durch (Peer-)Tutor:innen bzw. durch strukturierte Materialien unterstützt werden, so dass alle Lernenden angestrebte Lernziele erreichen bzw. Aufgaben – ggf. auf unterschiedlichen Niveaus – lösen können. Dazu sind flexible, gestufte *Scaffolding*-Hilfen einsetzbar, wie Erinnerungshilfen, Checklisten, *Graphic Organizer* oder tutorielle Unterstützungsmöglichkeiten, die mit zunehmendem Kompetenzstand schrittweise reduziert werden können (CP 5.3), um das individuelle Anforderungsniveau zu optimieren und ausdauerndes Lernen zu fördern (Richtlinie 8). Zudem sollten die Lernenden zur natürlichen Differenzierung und Individualisierung Wahl- und Mitbestimmungsmög-

lichkeiten im Hinblick auf verschiedene Rollen, Stationen, Aufgaben, Themenbereiche, Materialien, Medien, Strategien oder Methoden haben (CP 7.1). Wichtig ist, dass die Lernenden nicht am Ende einer Arbeitsphase eine Rückmeldung bzw. ein summatives Feedback erhalten, sondern bereits während des Lernprozesses durch formatives Feedback und Selbstreflexionsmöglichkeiten Kurskorrekturen auf dem Weg zum Lernziel einleiten können oder in effektiven Vorgehensweisen bestärkt werden. Feedback sollte dabei immer präzise, eindeutig, prozessorientiert, konstruktiv und unmittelbar erfolgen (CP 8.4) (Hattie & Timperley, 2007; Ralabate, 2016; Walpuski & Sumfleth, 2007), damit die Lernenden eine Chance haben, wenig zielführende Handlungsstrategien zu optimieren (CP 6.2 & CP 9.2) und den eigenen Lernfortschritt kontinuierlich zu überprüfen (CP 6.4). Im Fall von kooperativen Lehr-/Lernsettings sollten verschiedene Möglichkeiten zur Förderung von sozialen Fertigkeiten (CP 9.2), reflexiven Gruppenprozessen (CP 9.3) und individueller Verantwortlichkeit, direkter Interaktion und positiver Abhängigkeit (CP 8.3) unter den Gruppenmitgliedern angeboten werden; darüber hinaus lässt sich die Zusammenarbeit der Lernenden durch die Herstellung einer sicheren Lernumgebung optimieren (CP 7.3) (Borsch, 2019; Brüning & Saum, 2009; CAST, 2005-2011; CAST, 2012; Johnson & Johnson, 2002).



Dokumentieren

Um (natur-)wissenschaftliches Arbeiten zu lernen, ist es wichtig einzuüben, wie man die eigenen Beobachtungen – z. B. beim Durchführen eines Experiments – adäquat und objektiv dokumentiert. Je nach Lernziel, Lerngegenstand und Lernvoraussetzungen der Schüler:innen sollten verschiedene Möglichkeiten zur Dokumentation und Präsentation der eigenen Beobachtungen und Überlegungen erarbeitet und angeboten werden (*Prinzip Lernaktivität & Lernergebnispräsentation*). Beispielsweise können Schüler:innen ihre Beobachtungen auf einen Protokollbogen schreiben oder zeichnen, mithilfe eines Textverarbeitungsprogramms am Tablet oder Laptop eintippen oder in Form von Sprachaufnahmen, Fotos oder Videos dokumentieren und in digitale Protokolle einbinden. Die Dokumentation kann dabei sowohl während als auch nach der Durchführung erfolgen und z. B. durch vorstrukturierte Bearbeitungsmaterialien und Leitfragen gesteuert werden (CP 3.3 & CP 6.3) (Groß & Reiners, 2012; Kieserling & Melle, 2019; Leisen, 2008; Reiners, Groß, Adesokan & Schumacher, 2017; Scheiter & Richter, 2015; Schneeweiß & Sieve, 2020).



Ergebnisse formulieren und Präsentation vorbereiten

Abschließend sollten die Lernenden ein Fazit aus der Durchführung ziehen, die eigenen Beobachtungen interpretieren bzw. hinsichtlich der Hypothese reflektieren und/oder die zentrale Problem- oder Fragestellung beantworten (z. B. Klahr, Zimmermann, Matlen, 2019; Ziepprecht et al., 2017). Die Arbeitsergebnisse können unter Verwendung verschiedener Mittel präsentiert werden (Prinzip *Lernaktivität & Lernergebnispräsentation*), wobei die Präsentation zuvor von den Lernenden vorbereitet und geübt wird. In Abhängigkeit von den bereits erworbenen Präsentationskompetenzen der Lernenden muss die Lehrkraft diesen Prozess mehr oder weniger stark anleiten bzw. durch konkrete Hilfestellungen (CP 5.3) unterstützen (z. B. Abels, 2015).

Schlussphase



Ergebnisse präsentieren

Abschließend präsentieren die Lernenden ihre inhaltlichen Arbeitsergebnisse bzw. Lernprodukte (Prinzip *Lernaktivität & Lernergebnispräsentation*). Dabei sollten die wichtigsten Beobachtungen, Lösungsstrategien, Erkenntnisse und Ergebnisse zusammengetragen und präzisiert werden (CP 3.2) (CAST, 2005-2011; CAST, 2012). So können die Schüler:innen rezeptive und produktive Kommunikationshandlungen im Umgang mit Repräsentationen auf individuellen (fach-)sprachlichen Niveaus einüben (Nitz, Nerdel & Prechtel, 2012; Prediger, Wilhelm, Büchter, Gürsoy & Benholz, 2015; Ziepprecht et al., 2017).



Diskutieren und bewerten

Die präsentierten Ergebnisse, Lösungsstrategien oder Produkte sollten auf unterschiedliche Weise z. B. vor dem Hintergrund von Leitfragen kontrovers diskutiert und anhand transparenter und operationalisierender Kriterien ausgewertet und evaluiert werden. Beispielsweise diskutieren und bewerten die Lernenden gemäß dem Erkenntnisprozess, ob eine Hypothese verifiziert wurde oder welche Lösungen und Vorgehensweisen in bestimmten Fällen aus welchen Gründen die praktikabelsten darstellten (CP 6.2 & CP 9.2) (Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen & Tiemann, 2016; Wirth et al., 2008). Dabei kann die Bewertung selbst unterschiedlich stark ausdifferenziert nach Inhalt und Fachsprache erfolgen (z. B. Hostenbach et al., 2011) und durch variable Medien (z. B. Zielscheibe, Bewertungsschecklisten) unterstützt werden (CP

6.4 und 9.3). Zudem sollte genügend Raum sein, um Missverständnisse, Fehlvorstellungen und Fragen zu klären (Richtlinie 2) (CAST, 2005-2011; CAST, 2012).



Zusammenfassen und sichern

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um sicherzustellen, dass die Lernenden die zentralen Botschaften und Ergebnisse der Unterrichtsstunde verstanden haben (CP 3.2). Beispielsweise können die Lernenden dazu aufgefordert werden, die wichtigsten Punkte – ggf. in Vorlagen – mündlich, schriftlich oder zeichnerisch zusammenzufassen bzw. zu wiederholen (Richtlinie 3) (CAST, 2005-2011; CAST, 2012). Eine andere Form der Sicherung kann das Finden weiterer Anwendungsbeispiele sein, um einen späteren Transfer anzubahnen (Schmidkunz & Lindemann, 1999).



Lernziel überprüfen und Arbeitsprozess reflektieren

Die individuelle Erreichung der angestrebten Kompetenzziele sollte vor dem Hintergrund von transparenten Kriterien ggf. auf unterschiedlichen Wegen überprüft werden (auch Kunter & Trautwein, 2013; Ropohl & Scheuermann, 2018). Eine Visualisierung des eigenen Kompetenzstands oder des prozessbezogenen Kompetenzzuwachses (z. B. im Vorher-Nachher-Vergleich) kann die Motivation und Reflexionsfähigkeit steigern (CP 6.4, CP 9.1 & CP 9.3). Neben prozessbegleitendem, formativem Feedback ist an dieser Stelle auch summatives Feedback vor allem im Hinblick auf die individuelle und kriteriale Bezugsnorm möglich (CP 8.4) (Ralabate, 2016). Darüber hinaus gibt es verschiedene Optionen, um den Grad der Erreichung von Verhaltenszielen zu überprüfen und widerzuspiegeln. Dazu könnte eine Reflexion des Arbeitsprozesses vorgenommen werden, wobei z. B. die Einhaltung von Regeln oder soziale Gruppenprozesse reflektiert und evaluiert werden (CP 8.3 & CP 9.3). Auch dieser Schritt sollte transparent und kriterienorientiert erfolgen (CP 8.1), indem z. B. anhand von gezielten Reflexionsfragen ein analoger oder digitaler Portfolioeintrag – im Sinne eines Verstärkersystems ritualisiert – vorgenommen wird (CAST, 2005-2011; CAST, 2012).



Abstrahieren, vernetzen und Ergebnisse transferieren

Für ein inhaltliches Fazit bietet es sich an, die Ziele und Aktivitäten des Unterrichts gemeinsam mit den Lernenden zu rekonstruieren und Revue passieren zu lassen. Als Rückblick und Syn-

these können dabei der inhaltliche rote Faden und die Sinnhaftigkeit der einzelnen Handlungsschritte im Hinblick auf übergeordnete Ziele und Inhalte der Unterrichtsstunde und/oder -reihe herausgearbeitet werden (Richtlinie 3 & CP 7.2). Ein Advance Organizer dient zur Abstraktion und Vernetzung der Unterrichtsinhalte und liefert so einen systematischen Überblick der wichtigsten Ergebnisse, Zusammenhänge und Kompetenzen. Damit lässt sich auch ein Transfer der Ergebnisse auf andere Anwendungskontexte oder das Aufstellen von weiterführenden Hypothesen anbahnen. Bei der Verständnissicherung, Generalisierung und Vernetzung übergeordneter Strukturen und Inhalte spielen die Erstellung und Nutzung von vielfältigen Erinnerungs- bzw. Merkhilfen eine wichtige Rolle (Prinzip *Darstellung von Informationen*, besonders CP 3.4). Dieser Prozess kann in die Formulierung und nachfolgende Besprechung einer vertiefenden oder weiterführenden Hausaufgabe münden (CAST, 2005-2011; CAST, 2012; Sumfleth, Wild, Rumann & Exeler, 2002).



Ausblick geben und abschließen

Um den Unterricht abzurunden, wird auf verschiedene Art und Weise ein Ausblick auf individuelle Weiterentwicklungsmöglichkeiten oder nachfolgende Themen, Inhalte oder Ziele in der nächsten Unterrichtsstunde gegeben. Eine provokative Aussage oder Hypothese, ein Bild, ein Video oder die Präsentation eines Gegenstands (Prinzip *Darstellung von Informationen*) erzeugen Neugier und Motivation (Prinzip *Förderung von Lernmotivation*) im Sinne eines *Cliffhangers* und kündigen so vertiefende oder neue interessante Inhalte an. Zur Abrundung und Unterstützung der sicheren Lernumgebung (CP 7.3) ist es hilfreich, den Unterricht mit einer Verabschiedung und/oder einem Ritual wie der Wiederherstellung der Sitzordnung zu schließen (CAST, 2005-2011; CAST, 2012).

4. Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Artikel stellt didaktische Funktionen zur systematischen Integration von *UDL Guidelines* in Unterrichtsstunden vor, die in Kombination von fach- und allgemeindidaktischen sowie UDL-bezogenen Konzepten entwickelt worden sind. Ziel ist es, (angehende) Lehrkräfte in die Lage zu versetzen, ihren Unterricht für zunehmend heterogene Lerngruppen differenziert zu gestalten, indem sie die *UDL Guidelines* von Beginn an in die Planung ihres Fachunterrichts integrieren. Didaktische Funktionen sind jedoch nicht isoliert zu betrachten, sie stellen viel-

mehr nur ein Zahnrad im komplexen Prozess der Planung von universell zugänglichem Fachunterricht dar. Daher können sie erst im Zusammenspiel mit anderen Planungsschritten - wie fachspezifischen Überlegungen zur Entwicklung von Lernzielen, zur Analyse des Lerngegenstands und der Lerngruppe oder zur Wahl geeigneter Evaluationsformen - zu einer lernwirksamen Unterrichtsgestaltung beitragen (Böhm et al., 2021; Krause & Kuhl, 2018; Ralabate, 2016).

Bei der Arbeit mit dem Planungsmodell ChemDive ist zu berücksichtigen, dass nicht immer alle didaktischen Funktionen bzw. Unterrichtselemente in einer Unterrichtsstunde realisiert werden müssen. Außerdem können mithilfe einer unterrichtlichen Aktivität ggf. auch mehrere didaktische Funktionen gleichzeitig erfüllt werden. Abhängig von den angestrebten Lernzielen und Lernvoraussetzungen der Schüler:innen kann es ansonsten ggf. zu einer inhaltlichen und materiellen Überfrachtung von Unterrichtsstunden kommen. Insgesamt sei auch darauf hingewiesen, dass v. a. digitale Lehr-/Lernmittel das Potenzial bergen, universelle Zugänglichkeit durch integrierte Adaptionmöglichkeiten (z. B. individuell anpassbare Lautstärke, Vergrößerungsstufen, Bearbeitungs- und Dokumentationsoptionen) zu realisieren (Edyburn, 2010). Darüber hinaus könnten auch mehrere, ggf. zieldifferente Lernziele angestrebt werden, wobei neben fachlichen auch Ziele zur persönlichen Entwicklung eine Rolle spielen können.

Die beschriebenen didaktischen Funktionen, die für das Fach Chemie zusammengestellt wurden, bedürfen noch einer umfangreicheren empirischen Prüfung. So wird gegenwärtig evaluiert, welche *UDL Guidelines* von (angehenden) Lehrkräften mithilfe von ChemDive in welchem Umfang umgesetzt werden und wo möglicherweise noch Defizite auszumachen sind. In zukünftigen Studien ist zudem z. B. zu überprüfen, inwiefern sich die Arbeit mit den hier vorgestellten Funktionen auf die Realisierung von *UDL Guidelines* in der Praxis und damit auf das Lernen von Schüler:innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen auswirkt. Dabei dient die in diesem Artikel präsentierte Zusammenstellung von didaktischen Funktionen als erstes theoriebasiertes Arbeitsmodell. Ein erstes Unterrichtsbeispiel zum Fach Chemie findet sich bei Holländer, Böhm und Melle (eingereicht). Darüber hinaus sollte die Einsetzbarkeit der beschriebenen didaktischen Funktionen in anderen Unterrichtsfächern analysiert werden (Böhm, in Vorbereitung).

Literatur

- Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N. L. Yates & F. Columbus (Hrsg.), *Education in a competitive and globalizing world. New developments in science education research* (S. 77-95). New York: Nova Publishers.
- Böhm, K. (Dissertation, in Vorbereitung). *Evaluation einer universitären Professionalisierungsmaßnahme zur Planung und Durchführung von inklusivem Unterricht im Fach Englisch vor dem Hintergrund des Universal Design for Learning im Rahmen des Praxissemesters*.
- Böhm, K., Schildhauer, P. & Zehne, C. (2021). Digitale Medien im individualisierenden Englischunterricht – Eine Analyse des Potenzials ausgewählter Tools vor dem Hintergrund des *Universal Design for Learning*. In J. Bündgens-Kosten & P. Schildhauer (Hrsg.), *Englischunterricht in einer digitalisierten Gesellschaft* (1. Aufl.) (S. 222-245). Weinheim: Beltz Juventa.
- Borsch, F. (2019). *Kooperatives Lernen. Theorie – Anwendung – Wirksamkeit* (3., aktualisierte Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Brüning, L. & Saum, T. (2009). *Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen* (5., überarb. Aufl.). Essen: Neue-Deutsche-Schule-Verl.-Ges.
- Brüning, L. & Saum, T. (2019). *Direkte Instruktion: Kompetenzen wirksam vermitteln*. Essen: Neue-Deutsche-Schule-Verl.-Ges.
- CAST (2005-2011). *CAST UDL Lesson Builder*. <http://lessonbuilder.cast.org/> [16.02.2022].
- CAST (2012). *CAST UDL Exchange*. <http://udlexchange.cast.org> [16.02.2022].
- CAST (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. Abrufbar unter <http://udlguidelines.cast.org> [16.02.2022].
- Center for Universal Design (1997). *The Principles of Universal Design. Version 2.0 (4/1/97)* (NC State University. College of Design). https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/pubs_p/docs/poster.pdf [16.02.2022].
- Di Fuccia, D.-S. & Ralle, B. (2010). Forschend-entwickelnd und kontextorientiert: Eine Beziehungsanalyse des forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens und Chemie im Kontext in fünf Denkstufen. *MNU Journal*, 63(5), 296-304.
- Dollard, N., Christensen, L., Colucci, K. & Epanchin, B. (1996). Constructive Classroom Management. *Focus on Exceptional Children*, 29(2), 2-12.

- Drefenstedt, E. (1969). Didaktische Funktionen als Bestandteile der Gliederung des Unterrichtsprozesses. In E. Drefenstedt & G. Neuner (Hrsg.), *Lehrplanwerk und Unterrichtsgestaltung* (S. 102-134). Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag.
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2019). *Lernpsychologie* (8. vollst. überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Edyburn, D. L. (2010). Would you recognize Universal Design for Learning if you saw it? Ten propositions for new directions for the second decade of UDL. *Learning Disability Quarterly*, 33(1), 33-41.
- Emden, M., Koenen, J. & Sumfleth, E. (2016). Fördern im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung - Experimentieren im Inquiry-Ansatz. In J. Koenen, M. Emden & E. Sumfleth (Hrsg.), *Ganz In - Materialien für die Praxis. Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung* (S. 9-18). Münster: Waxmann.
- Groß, K. & Reiners, C. S. (2012). Experimente alternativ dokumentieren: Ein Beitrag zur Möglichkeit der Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht. *CHEMKON*, 19(1), 13-20.
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2017). *Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren* (4. Aufl.). *Standards Psychologie*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Hauerstein, M.-T. (2019). *Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I: Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 280*. Berlin: Logos.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts; Franz Emanuel Weinert gewidmet* (1. Aufl.). *Schule weiterentwickeln, Unterricht verbessern. Orientierungsband*. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Holländer, M. & Melle, I. (2011). Advance Organizer. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 64(8), 452-456.
- Holländer, M. & Melle, I. (2012). Die Effektivität des Advance Organizers im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(1), 44-52.
- Holländer, M., Böhm, K., Jasper, L. & Melle, I. (eingereicht). Gestaltung von Chemieunterricht für diverse Lerngruppen - Ein Beispielunterricht zum Planungsmodell ChemDive. *CHEMKON*.

- Hostenbach, J., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 261-288.
- Jank, W. (1993). Zwischen Allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik. Analyse didaktischer Funktionen von Handlungsmustern des Unterrichts. In B. Adl-Amini, T. Schulze & Terhart (Hrsg.), *Unterrichtsmethode in Theorie und Forschung: Bilanz und Perspektiven* (S. 233-256). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (2002). Learning together and alone: Overview and meta-analysis. *Asia Pacific Journal of Education*, 22(1), 95-105.
- Jokiaho, A. (2016). *Virtualisierung didaktischer Szenarien für die Hochschullehre* [Dissertation]. Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, Ludwigsburg. https://phbl-opus.phlb.de/frontdoor/deliver/index/docId/463/file/dissertation_jokiaho+-+NEU.pdf [15.02.2022].
- Kieserling, M. & Melle, I. (2019). An experimental digital learning environment with universal accessibility. *Chemistry Teacher International*, 1(2), 1-9.
- Klahr, D., Zimmerman, C. & Matlen, B. J. (2019). Improving Students' Scientific Thinking. In J. Dunlosky & K. A. Rawson (Hrsg.), *The Cambridge handbook of cognition and education* (S. 67-99). Cambridge, Mass.: University Press.
- Klauer, K. J. & Leutner, D. (2012). *Lehren und Lernen: Einführung in die Instruktionspsychologie* (2. Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag.
- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen - zwei verschiedene Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 304-321.
- Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (2017). Naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten: Potenziale des Lernens mit Lösungsbeispielen und Experimentierboxen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 81-98.
- Kölbach, E., Maier-Richter, A. & Sumfleth, E. (2015). Lösungsbeispiele – Eine besondere Form von Lernaufgaben zur Unterstützung individuellen Lernens in den Naturwissenschaften. *CHEMKON*, 22(1), 7-14.
- Kölbach, E. & Sumfleth, E. (2013). Analyse von Kontexteffekten beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 159-188.
- Krajewski, K. & Ennemoser, M. (2010). Die Berücksichtigung begrenzter Arbeitsgedächtnisressourcen in Unterricht und Lernförderung. In H.-P. Trolldenier (Hrsg.), *Brennpunkte der*

Gedächtnisforschung: Entwicklungs- und pädagogisch-psychologische Perspektiven (S. 337-360). Göttingen: Hogrefe.

- Krause, K. & Kuhl, J. (2018). Was ist guter inklusiver Fachunterricht? Qualitätsverständnis, Prinzipien und Rahmenkonzeption. In B. Roters (Hrsg.), *Beiträge zur Schulentwicklung. Inklusiver Englischunterricht: Impulse zur Unterrichtsentwicklung aus fachdidaktischer und sonderpädagogischer Perspektive* (S. 177-195). Münster: Waxmann.
- Kuhn, J., Ropohl, M. & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Naturwissenschaften. Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 2-23). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts. Standardwissen Lehramt: Bd. 3895*. Paderborn: Schöningh.
- Lapinski, S., Gravel, J. W. & Rose, D. H. (2012). Tools for Practice: The Universal Design for Learning Guidelines. In T. E. Hall, A. Meyer & D. H. Rose (Hrsg.), *What Works for Special-Needs Learners. Universal design for learning in the classroom: Practical applications* (S. 9-24). New York: Guilford Press.
- Leisen, J. (2008). Beim Schreiben ist der Umweg der kürzeste Weg: Der Wechsel von Darstellungsformen als Schreibhilfe. *Unterricht Physik, 19*(104), 11-13.
- Leisen, J. (2014). Wie soll ich denn meinen Unterricht planen? Lehr-Lern-Prozesse planen am Beispiel Elektrizitätslehre in Physik. In U. Maier (Hrsg.) *Schulpädagogik. Lehr-Lernprozesse in der Schule: Referendariat: Praxiswissen für den Vorbereitungsdienst* (S. 102-117). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Lemov, D. (2010). *Teach like a champion: 49 techniques that put students on the path to college*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Meyer, H. (2018). *Was ist guter Unterricht?* (13. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Müller, C. T. & Duit, R. (2004). Die unterrichtliche Sachstruktur als Indikator für Lernerfolg – Analyse von Sachstrukturdiagrammen und ihr Bezug zu Leistungsergebnissen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10*, 147-161.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22*(1), 77-96.

- Nitz, S., Nerdel, C. & Precht, H. (2012). Entwicklung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 117-139.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. & Ralle, B. and the ChiK Project Group (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1041-1062.
- Praetorius, A.-K., Herrmann, C., Gerlach, E., Zülsdorf-Kersting, M., Heinitz, B. & Nehring, A. (2020). Unterrichtsqualität in den Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum – zwischen Generik und Fachspezifik. *Unterrichtswissenschaft*, 48(3), 409-446.
- Prediger, S., Wilhelm, N., Büchter, A., Gürsoy, E. & Benholz, C. (2015). Sprachkompetenz und Mathematikleistung – Empirische Untersuchung sprachlich bedingter Hürden in den Zentralen Prüfungen 10. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(1), 77-104.
- Ralabate, P. (2016). *Your UDL lesson planner: The step-by-step guide for teaching all learners*. Baltimore, London, Sydney: Brookes Publishing.
- Reiners, C. S. (2017). *Chemie vermitteln*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Reiners, C. S., Groß, K., Adesokan, A. & Schumacher, A. (2017). Aktuelle Herausforderungen für den Chemieunterricht. In C. S. Reiners, *Chemie vermitteln* (S.147-192). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Ropohl, M. & Scheuermann, H. (2018). Welche Rückmeldungen wirken am besten? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 151-165.
- Rosenbach, M. (2008). *Pragmatische Integration: Didaktische Funktionen im Lernprozess*. Berliner Landesinstitut für Schule und Medien. <https://aseminar.schule.de/struktur/did-funktion.htm> [16.02.2022].
- Scheiter, K. & Richter, J. (2015). Multimediale Unterrichtsmaterialien gestalten. Ergebnisse der empirischen Lehr-Lernforschung. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie* (145), 8-11.
- Schermer, F. J. (2018). Modelllernen. In D. H. Rost, J. R. Sparfeldt & S. R. Buch (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (5. Aufl.) (S. 545-550). Basel: Beltz Verlag.
- Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des gemeinsamen Lernens: Universal Design for Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 61(3), 270-285.

- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1999). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften.
- Schneeweiß, N. & Sieve, B. (2020). Experimentieren mit digitalen Werkzeugen. *Unterricht Chemie*, 31(177/178), 10-11.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *Phy-Did*, 8(3), 92-101.
- Slavin, R. E. (1996). Cooperative Learning in Middle and Secondary Schools. *The Clearing House*, 69(4), 200-204.
- Stephani, R. (2018). Besondere apparative Möglichkeiten für Schülerexperimente. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 494-498). Seelze: Aulis Verlag.
- Sumfleth, E., Wild, E., Rumann, S. & Exeler, J. (2002). Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Chemieunterricht: Kooperatives Problemlösen im schulischen und familialen Kontext zum Themenbereich Säure-Base. *Zeitschrift für Pädagogik* (45), 207-221.
- Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppen im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 181-198.
- Watzka, B. & Girwidz, R. (2015). Einfluss der Kontextorientierung und des Präsentationsmodus von Aufgaben auf den Wissenserwerb und die Transferleistung physikalischer Inhalte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21, 187-206.
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 361-375.
- Ziepprecht, K., Schwanewedel, J., Heitmann, P., Jansen, M., Fischer, H. E., Kauertz, A., Kobow, I., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2017). Modellierung naturwissenschaftlicher Kommunikationskompetenz – ein fächerübergreifendes Modell zur Evaluation der Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 113-125.

Wir danken Charlotte Holländer (Abb. 1) und Katharina Ziesen (Abb. 2) für die zeichnerischen Umsetzungen sowie Melanie Böckmann und Claudia Mertens für das Korrekturlesen und hilfreiche Diskussionen.

Dr. Monika Holländer ist abgeordnete Lehrerin an den Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik an der TU Dortmund von Prof. Dr. Insa Melle, Katharina Böhm ist Lehrerin an der Raoul-Wallenberg-Schule in Dorsten und Doktorandin an der Fakultät für Rehabilitationswissenschaften an der TU Dortmund.