

doi.org/10.1002/ckon.202200014

Gestaltung von Chemieunterricht für diverse Lerngruppen – ein Beispielunterricht zum Planungsmodell ChemDive

Monika Holländer,^{*[a]} Katharina Böhm,^{*[b]} Leonie Jasper^[a] und Insa Melle^{*[a]}

Zusammenfassung: Durch bildungspolitische und gesellschaftliche Veränderungen sind Lehrkräfte im deutschen Schulsystem mit einer zunehmend heterogenen Schülerschaft konfrontiert, nicht nur in inklusiven Lerngruppen. Dieser Diversität gilt es positiv zu begegnen, indem Unterricht von Beginn an für alle Lernenden zugänglich geplant und durchgeführt wird. Ein Konzept für die Gestaltung eines solchen Unterrichts ist das *Universal Design for Learning*, kurz UDL. Die Implementierung des nicht fachspezifischen UDL-Rahmenkonzepts in den Fachunterricht kann jedoch für (angehende) Lehrkräfte ein Hindernis darstellen. Vor diesem Hintergrund wurde auf Basis des UDL und anknüpfend an gängige Phasen- bzw. Verlaufsplankonzepte aus dem naturwissenschaftsdidaktischen Bereich das Planungsmodell ChemDive entwickelt, das Anregungen für konkrete Umsetzungsmöglichkeiten für einen universell zugänglichen Chemieunterricht bietet. ChemDive wird anhand eines Unterrichtsbeispiels erläutert und veranschaulicht.

Stichworte: UDL · Planungsmodell · Diversität

Designing chemistry classes for groups with diverse learners – an exemplary lesson for the ChemDive planning model

Abstract: Due to changes in educational policy and society, teachers in the German school system are confronted with an increasingly heterogeneous student body, not only in inclusive learning groups. This diversity needs to be addressed positively by planning and delivering lessons that are accessible to all learners from the beginning. One concept for designing such instruction is Universal Design for Learning, or UDL. However, the implementation of the non-subject-specific UDL framework into subject lessons can be an obstacle for (prospective) teachers. Therefore, we developed the planning model ChemDive based on the UDL and common concepts for science teaching. The model offers suggestions for concrete implementation possibilities for universally accessible chemistry teaching. ChemDive is explained and illustrated with a teaching example.

Keywords: UDL · planning model · diversity

1. Einleitung

Aufgrund bildungspolitischer und gesellschaftlicher Veränderungen sind nicht nur inklusive Lerngruppen im deutschen Schulsystem von einer zunehmenden Heterogenität der Schülerschaft bezüglich des familiären Hintergrunds und des individuellen Lernpotenzials geprägt: Die Lernenden aller Lerngruppen unterscheiden sich z.B. in ihren körperlichen und geistigen Fähigkeiten sowie bezüglich Geschlecht, Alter, Inter-

essen und Herkunft [1]. Dieser Diversität positiv zu begegnen erfordert auch im Fach Chemie eine Weiterentwicklung des Unterrichts hinsichtlich seiner Zugänglichkeit für die verschiedenen Lernenden. Ein Rahmenkonzept für die Gestaltung eines solchen Unterrichts auch für das Fach Chemie ist das *Universal Design for Learning*, kurz UDL [2–4]. Das UDL liefert evidenzbasierte Strategien zum Abbau von unnötigen Lernbarrieren und zur Unterstützung möglichst aller Lernenden bei der Erreichung individuell anspruchsvoller curricularer Lernziele, es ist aber nicht fachspezifisch angelegt. Entlang der drei übergeordneten Prinzipien, nämlich verschiedene Möglichkeiten erstens zur Förderung von Lernmotivation, zweitens zur Darstellung von Lerninhalten und drittens zur Verarbeitung von Lerninhalten und Präsentation von Lernergebnissen von Beginn an einzuplanen, zeigt das UDL konkrete Umsetzungsmöglichkeiten für die Unterrichtsplanung in Form von neun Richtlinien und 31 Checkpoints (CP) auf. Diese werden übersichtlich in einem *Grafic Organizer* präsentiert (vgl. [3] und in deutscher Übersetzung [4]). In diesem Beitrag nehmen wir Bezug auf die in [4] dargestellte Übersicht.

Die Entwicklung und Implementierung eines am UDL orientierten Unterrichts kann für (angehende) Lehrkräfte ein Hindernis darstellen [5]. Deshalb wurde auf Basis von im naturwissenschaftlichen Unterricht gängigen Phasen- bzw. Verlaufsplankonzepten [6–11] das Planungsmodell ChemDive (Chemieunterricht für diverse Lerngruppen) entwickelt, das durch didaktische Funktionen eine systematische Berücksichtigung von UDL-Elementen im Unterricht in Regelschulen ermög-

[a] Dr. M. Holländer, L. Jasper, Prof. Dr. I. Melle
Technische Universität Dortmund
Fakultät für Chemie und Chemische Biologie
Lehrstuhl Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
* E-Mail: monika.hollaender@tu-dortmund.de
insa.melle@tu-dortmund.de

[b] K. Böhm
Raoul-Wallenberg-Schule
Förderschule mit dem Förderschwerpunkt Sprache
(Sekundarstufe I)
Wittenbrink 51
46286 Dorsten
* E-Mail: katharina.boehm@lwl-rws-dorsten.de

© 2022 The Authors. CHEMKON published by Wiley-VCH GmbH. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

licht [4]. Unter didaktischen Funktionen werden angelehnt an [16] übergeordnete Funktionen von unterrichtlichen Handlungsmustern verstanden, die vom konkreten Planungsansatz und Unterrichtsinhalt unabhängig sind. Die in Abb. 1 dargestellten didaktischen Funktionen stellen eine Auswahl dar, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erfüllt. Da ChemDive eine Fusion von fachdidaktischen und allgemeindidaktischen und Ansätzen des UDL ist, kann es sowohl in Kombination mit bekannten Ansätzen als auch alleine genutzt werden [4]. Im Folgenden soll ein fiktiver Beispielunterricht die Umsetzung der didaktischen Funktionen des Planungsmodells zur Gestaltung eines möglichst universell zugänglichen Chemieunterrichts aufzeigen.

2. Anwendung der didaktischen Funktionen in einer beispielhaften Unterrichtsplanung

Der in Abb. 1 in einer Übersicht dargestellte fiktive Beispielunterricht ist für eine Unterrichtsdoppelstunde (90 Minuten) geplant, kann je nach Lerngruppe aber ggf. auch mehr Zeit in Anspruch nehmen. Er ist für den Chemieanfängerunterricht in Jahrgangsstufe 7 zum Inhalt Stoffe und Stoffeigenschaften [17] konzipiert. Das Thema der Unterrichtsreihe ist die Trennung von Stoffgemischen, die unter Anwendung des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs erforscht werden soll. In der dargestellten Unterrichtsstunde geht es um die Planung und Durchführung eines Experiments zur Trennung eines Sand-Salz-Gemisches. Die Unterrichtsmethodik orientiert sich am forschend-entwickelnden Unterricht [10], den Prinzipien des kooperativen Lernens [11, 18, 19] und Elementen der direkten Instruktion [20]. Flankiert wird die Unterrichtsreihe von einem Advance Organizer [21, 22]. Der Wechsel von Plenums- und Gruppenarbeitsphasen unter Berücksichtigung der Basiselemente des kooperativen Lernens sollte im Unterricht bereits etabliert sein. So werden per se Kompetenzen im Bereich Selbstregulation und Kooperation gefördert und damit UDL-Elemente zur Förderung von Lernmotivation umgesetzt (vgl. CP 8.3, 9.2 und 9.3; vgl. [5], S. 92). Die Lernenden arbeiten in heterogenen Vierer-Gruppen, die über einen längeren Zeitraum – mindestens jedoch für die Unterrichtsreihe – bestehen bleiben, um Ängste und Ablenkung zu minimieren (vgl. CP 7.3), ein Zusammengehörigkeitsgefühl zu entwickeln und damit eine optimale Zusammenarbeit zu erzielen [11]. Die Zusammensetzung dieser Stammgruppen wird entweder zufällig oder gezielt heterogen im Hinblick auf Vorwissen und -erfahrungen, Interessen und persönliche Lernziele von der Lehrkraft gewählt (vgl. [5], S. 92–93). Für den hier dargestellten Unterricht wird vorausgesetzt, dass die Lernenden in der Umsetzung kooperativer Arbeitsphasen bereits geübt sind. Mit dem Einsatz eines Advance Organizers während der gesamten Unterrichtsreihe werden ebenfalls verschiedene UDL-Elemente im Bereich der Lernmotivation, der Informationsdarstellung und der exekutiven Funktionen umgesetzt (vgl. [3, 4], z. B. CP 8.1, 9.3, 2.5, 3.1, 6.2). Während des Beispielunterrichts kann er etwa bei der Aktivierung von Vorwissen und beim Abstrahieren, Vernetzen und Transferieren von Ergebnissen genutzt werden (Abb. 1). Die Phasierung des Unterrichts folgt grob der Abfolge Startphase, Hauptphase und Schlussphase (Abb. 1). In der Startphase erfolgt die Hinführung zu einer umfangreichen selbstständigen Gruppenarbeit überwiegend im Plenum mit einer ausführlichen Instruktion durch die Lehrkraft. Hier soll ausdrücklich auf in dieser Phase häufig wenig effizienten Unterrichtsgespräche, die oft nicht für alle Lernenden zugänglich sind (z. B. bei Beeinträchtigungen im Bereich Aufmerksamkeitsdefizit oder Hören), verzichtet werden. Die direkte Instruktion durch die Lehrkraft ermöglicht durch den Einsatz

verschiedener Darstellungsweisen – z. B. Visualisierung, Verbalisierung, Demonstration – die effiziente Vermittlung notwendiger Informationen für alle Schüler:innen, sodass ein großer Teil der Unterrichtszeit für die Gruppenarbeitsphase zur individuellen Wissenskonstruktion genutzt werden kann [23]. Die Einbindung der Lernenden bei der Vorbereitung der Hauptphase erfolgt in kurzen Abschnitten, die dem kooperativen Dreischritt Think-Pair-Share [11] folgen, wie beispielsweise bei der Problemformulierung skizziert. In der Hauptphase findet dann die eigenständige Gruppenarbeit statt: Es wird ein Experiment geplant, durchgeführt, dokumentiert und ausgewertet. Anschließend wird die Ergebnispräsentation vorbereitet. In der Schlussphase werden die Ergebnisse präsentiert, zusammengetragen, bewertet und schließlich gesichert. Außerdem wird eine Reflexion der Arbeits- und Lernprozesse angeleitet.



Monika Holländer studierte die Fächer Chemie und Sport für das Lehramt an der TU Dortmund. Nach dem 2. Staatsexamen und der Tätigkeit als Lehrkraft an verschiedenen Schulformen promovierte sie 2010 bei Prof. Insa Melle zum Einsatz des Advance Organizers im Chemieunterricht. Seit 2009 ist sie Lehrkraft an der Technischen Beruflichen Schule 1 in Bochum, von wo sie seit 2018 an die TU Dortmund abgeordnet ist. Ihr besonderes Interesse gilt dem Unterricht in inklusiven Lerngruppen, der Digitalisierung in der Lehre und dem kooperativen Lehren und Lernen sowie der Verknüpfung dieser Themenbereiche.



Katharina Böhm studierte an der TU Dortmund das Lehramt für sonderpädagogische Förderung und ist Doktorandin in der Fakultät Rehabilitationswissenschaften. Sie ist an der Raoul-Wallenberg-Schule in Dorsten tätig.



Leonie Jasper, M. Ed., studierte die Fächer Chemie und katholische Theologie für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen an der TU Dortmund und schloss dieses 2021 ab. Sie fertigte ihre Masterarbeit im Arbeitskreis von Prof. Dr. Melle an und ist derzeit dort Doktorandin.



Insa Melle ist seit 1999 Inhaberin des Lehrstuhls für Chemie und ihre Didaktik an der Technischen Universität Dortmund. Ihr aktuelles Forschungsinteresse gilt einerseits der Wirkung digitaler Lernumgebungen im Chemieunterricht bzw. in der universitären Chemieausbildung und andererseits der Professionalisierung angehender Lehrkräfte für einen digital gestützten bzw. inklusiven Chemieunterricht sowie zeitgemäßen Konzepten für Lehrerfortbildungen.
















| | Didaktische Funktionen | Beispielunterricht |
|--------------|---|---|
| Startphase | Aufmerksamkeit schaffen |  Elemente des Classroom Management: Begrüßung, Anwesenheit, Herstellung arbeitsfähiger Gruppen, Beseitigung aller möglichen Störungsursachen |
| | Lerninteresse wecken & Problemstellung formulieren |  Hook: Geschichte einer Salzkarawane als Video mit Untertiteln Problemformulierung: Wie kann das Sand-Salz-Gemisch getrennt werden? Gruppenarbeit zur Formulierung der Problemfrage, Klärung aller Verständnisfragen, Einigung auf eine gemeinsame Formulierung (Tafel) |
| | Transparenz schaffen |  Visualisierung und Besprechung der Lernziele: Ich kann ein Experiment selbst planen und sachgerecht und unter Einhaltung aller Sicherheitsmaßnahmen durchführen. Ich kann ein Stoffgemisch unter Nutzung von Stoffeigenschaften trennen. (Plakat mit Zielflagge) |
| | Vorwissen/-erfahrung aktivieren |  Wiederholung des Inhalts/der erworbenen Kompetenzen der letzten Stunde und Verortung im Advance Organizer: Sand-Wasser-Gemisch und Salz-Wasser-Gemisch wurden durch Filtration bzw. Eindampfen getrennt. Stofftrennungsprinzip: Nutzung der Stoffeigenschaften. |
| | Grundlagen vermitteln & modellhafte Lösungsstrategien demonstrieren |  Lösungsstrategie aufzeigen & Aufgabenklarheit schaffen: Nutzung des Erkenntniswegs zur Problemlösung (Poster mit Erkenntnisweg) Lernprodukte zeigen: Ausgefüllter Protokollbogen, Nachricht an Karawane Unterstützungshilfen vorstellen: Experimentierbox, Tippkarten etc. |
| Hauptphase | Planen |  Überlegung zur Problemlösung, Hypothesenbildung: Gruppenarbeit zur Ideenfindung (Sand-Salz-Gemisch mit Wasser versetzen, filtrieren, eindampfen), Formulierung einer überprüfbaren Hypothese Planung des Experiments: In Gruppen; Sicherheits-Check durch Lehrkraft |
| | Durchführen |  Durchführung des geplanten Experiments in Gruppen: Salz löst sich im Wasser, Sand bleibt im Filter zurück, Salz bleibt nach Eindampfen im Gefäß zurück (Tipp-Karte mit Formulierungshilfen) |
| | Dokumentieren |  Dokumentation der Beobachtungen: Darstellung der Beobachtungen im Protokollbogen schriftlich, als Zeichnungen, mit Fotos oder als Audioaufnahme |
| | Ergebnis formulieren & Präsentation vorbereiten |  Schlussfolgerung und Formulierung des Ergebnisses: Als E-Mail: Lieber Karawanenführer, Sie können Ihr Salz zurückgewinnen, indem Sie die Stoffeigenschaften nutzen, das Sand-Salz-Gemisch mit Wasser mischen, filtrieren und eindampfen. Alternative: Bildfolge oder Sprachnachricht |
| Schlussphase | Ergebnisse präsentieren |  Präsentation der Ergebnisse mit Beamer & Dokumentenkamera: Vorstellen des Protokollbogens und der Empfehlung für den Karawanenführer als E-Mail, Sprachnachricht oder Bildfolge |
| | Diskutieren & bewerten |  Diskutieren & bewerten der Handlungsprodukte: War die Idee richtig? (Wurde die Hypothese verifiziert?) Welche Strategie wurde genutzt? Bei unterschiedlichen Lösungen: Welche Lösung ist die praktikabelste? (mit Begründung) |
| | Zusammenfassen & sichern |  Sicherung: Zusammenfassen und fixieren des Ergebnisses (korrigierte Version) als Tafelbild und Hefteintrag oder in digitaler Alternative |
| | Lernziel überprüfen & Arbeitsprozess reflektieren |  Reflexion des Arbeitsprozesses in den Gruppen: Reflexionsbogen zu Gruppenprozessen Überprüfung des Kompetenzzuwachses bezüglich des Inhalts und des Erkenntnisprozesses: Zielscheibe zur Selbstevaluation |
| | Abstrahieren, vernetzen & Ergebnisse transferieren |  Fazit zum inhaltlichen Ziel: Verdeutlichung des Stofftrennungsprinzips am Advance Organizer (Haus-)Aufgabe: Aufstellen einer Hypothese zur Trennung des Stoffgemisches von Eisen und Schwefel |
| | Ausblick geben & abschließen |  Advance Organizer nutzen: In der Folgestunde soll ein Eisen-Schwefel-Gemisch getrennt werden, Anwendung des Erkenntnisprozesses, Nutzen des Transfers für den Test am Ende der Einheit verdeutlichen |

Abb. 1: Didaktische Funktionen eines UDL-orientierten Beispielunterrichts.

2.1 Startphase

Der Unterricht beginnt mit der Umsetzung der didaktischen Funktion „Aufmerksamkeit schaffen“: Hier werden die formalen und organisatorischen Aspekte wie Begrüßung, Feststellen der Anwesenheit, chemiespezifische Routinen wie die Vorbereitung der Arbeitstische (z.B. alle nicht benötigten Dinge in die Taschen, Taschen vom Tisch) umgesetzt, um Störungen im weiteren Unterrichtsverlauf vorzubeugen. Die Stammgruppen müssen ggf. wegen nicht anwesender Schüler:innen so verändert werden, dass alle Gruppen aus mindestens drei Lernenden bestehen und arbeitsfähig sind.

Mit der didaktischen Funktion „Lerninteresse wecken und Problemstellung formulieren“ erfolgt anschließend der inhaltliche Einstieg, um die Aufmerksamkeit der Schüler:innen zu angeln (*Hook*, engl. für Haken/Aufhänger): In einer Videosequenz mit Untertiteln wird die Geschichte einer Salzkarawane, die in der Sahara überfallen wird, erzählt. Die wertvolle Ladung, das Salz, vermengt sich mit dem Wüstensand. Zusätzlich werden das Stoffgemisch aus Sand und Salz sowie die zu gewinnenden Reinstoffe gezeigt. Die Schüler:innen erarbeiten in ihren Gruppen die Problemformulierung: Wie können wir der Salzkarawane helfen, das Salz aus dem Sand-Salz-Gemisch zurückzugewinnen? Als Unterstützung stehen ihnen dabei z.B. Satzanfänge und alternative Formulierungen für (Fach-)Begriffe zur Verfügung. Durch dieses Vorgehen werden zahlreiche UDL-CPs realisiert. So wird beim Prinzip Förderung von Lernmotivation bei allen Richtlinien mindestens ein Checkpoint umgesetzt. Gleichzeitig wird die Zugänglichkeit von Inhalten durch die zusätzliche Möglichkeit, ggf. Fragen in der Gruppe zu klären, weiter erhöht. Im Plenum erfolgt die Einigung auf eine gemeinsame Formulierung des Problems. Durch deren schriftliche Fixierung sowohl an der Tafel als auch auf dem vorgefertigten Protokollbogen wird Richtlinie 6 (Exekutive Funktionen) in Form von CP 6.1 (Initiieren und Unterstützen von angemessener Lernzielsetzung) umgesetzt. Vor dem Hintergrund der Funktion „Transparenz schaffen“ soll allen Schüler:innen verdeutlicht werden, welche Inhalts- und Kompetenzziele angestrebt werden. Damit werden die CPs 8.1 (Erhöhen von Transparenz und Bedeutsamkeit von kurz- und langfristigen Lernzielen) und 9.1 (Fördern von persönlichen Zielen zur Selbstregulation und von Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten zur Optimierung der Motivation) umgesetzt. Das Lernziel der Stunde lautet: „Ich kann ein Experiment zur Trennung eines Sand-Salz-Gemisches selbst planen und sachgerecht und unter Einhaltung aller Sicherheitsmaßnahmen durchführen, wobei ich die Stoffeigenschaften von Sand und Salz nutze.“ Es wird für Schüler:innen im Unterrichtsraum gut sichtbar zusammen mit einer Zielscheibe visualisiert (Abb. 2).



Abb. 2: Mögliche Visualisierung des Unterrichtsziels zur Schaffung von Transparenz.

Mit der Funktion „Vorwissen/-erfahrungen aktivieren“ wird CP 3.1 (Aktivieren von Vorwissen und Anbieten von Hintergrundinformationen) umgesetzt. Mithilfe des Advance Organizers erfolgt – z.B. mit dem Dreischritt Think-Pair-Share – eine strukturierte Wiederholung der im vorausgegangenen Unterricht erworbenen Inhalte und Kompetenzen: Es wurden ein Sand-Wasser-Gemisch und ein Salz-Wasser-Gemisch durch Filtration bzw. Abdampfen getrennt. Dabei wurden die verschiedenen Stoffeigenschaften der Komponenten zur Trennung der Stoffgemische genutzt. Die Lernenden sind so auf dem gleichen aktuellen Wissenstand, bevor neue Inhalte vermittelt werden.

Mit der folgenden Funktion „Grundlagen vermitteln und modellhafte Lösungsstrategien demonstrieren“ soll das für die Bewältigung der Problem- oder Aufgabenstellung notwendige Wissen auf verschiedenen Wegen bereitgestellt werden. Die Schüler:innen müssen (aus vorausgegangenem Unterricht) den Erkenntnisprozess kennen und anwenden können, um selbstständig das Experiment planen zu können. Eine den Schüler:innen bereits bekannte Visualisierung des Erkenntniswegs (Abb. 3; entwickelt in Anlehnung an [12–15]) wird z.B. in Form eines Posters zugänglich gemacht und genutzt, um eine Lösungsstrategie zu aktivieren: Wir müssen (in der späteren Gruppenarbeit) eine Idee zur Lösung des Problems finden, wobei wir die Stoffeigenschaften nutzen können. Dann müssen wir ein Experiment zur Überprüfung der Idee planen. Vor der Durchführung unseres Experiments muss ein Sicherheitscheck durch die Lehrkraft erfolgen. Anhand des vorbereiteten Protokollbogens (Abb. 4), der in seiner Farbgebung die Darstellung des Erkenntniswegs (Abb. 3) widerspiegelt, kann Ablauftransparenz geschaffen werden. Um den organisierten Umgang mit Informationen bzw. Ressourcen zu erleichtern (vgl. CP 6.3) und den eigenen Lernfortschritt zu überprüfen und zu steuern (vgl. CP 6.4), können die Schüler:innen die bereits bearbeiteten Schritte des Erkenntnisprozesses in den Kästchen in der rechten Spalte des Protokollbogens sukzessiv abhaken. Das angestrebte Lernprodukt soll in Form der realen Stoffe im Vorfeld des Experimentierens noch einmal gezeigt werden: Die Lehrkraft zeigt mit dem Hinweis auf das Ziel des Experiments Sand und Salz getrennt voneinander. Außerdem kann ein exemplarisch ausgefüllter Protokollbogen und die Möglichkeit der Ergebnisformulierung in Form einer Nachricht an den Karawanenführer (Abb. 5) gezeigt werden, ohne dass Details zu den Arbeitsergebnissen erkennbar sind. Die Unterstützung in Form von Experimentierboxen mit Gerätebezeichnungen und Tipp-Karten für die Handhabung der Geräte und mit Formulierungshilfen werden vorgestellt.

2.2 Hauptphase

Nachdem die Schüleraktivität gründlich vorbereitet wurde, können die Schüler:innen in der Hauptphase überwiegend selbstständig in Gruppen arbeiten. Dabei wird unter anderem CP 7.1 (Optimieren von Autonomie und Wahlmöglichkeiten) umgesetzt. Die Lernenden planen ein Experiment, indem sie eine Idee zur Lösung (Hypothese) finden und dann die konkrete Umsetzung festlegen. Die Materialien aus der Startphase können hier unterstützend genutzt werden (vgl. CP 5.2 Ermöglichen der Nutzung von Hilfsmitteln zur Ergebniserstellung). Die konkrete Versuchsplanung muss zunächst von der Lehrkraft auf Sicherheit geprüft werden.

Bei der Umsetzung der Funktionen „Durchführen“ und „Dokumentieren“ werden ebenfalls die in der Startphase eingeführten Materialien und Hilfen verwendet. Zur Dokumentation können – auch unter Nutzung digitaler Hilfsmittel – alternative Darstellungen in Form von Zeichnungen oder Fotos eingesetzt werden. Eine weitere Möglichkeit der Dokumentation wäre die Erstellung eines Audios mit einem Live-Bericht

Der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg

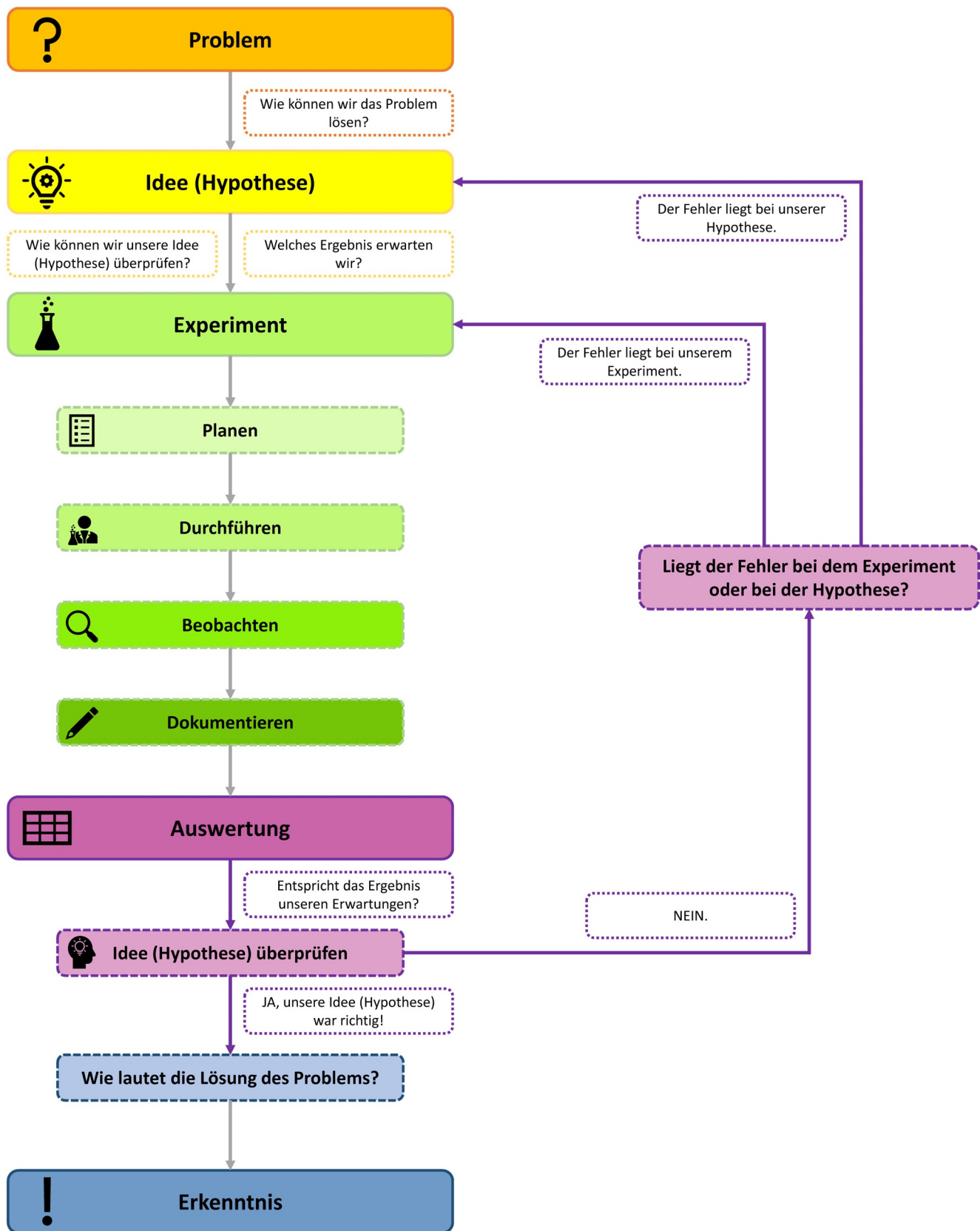


Abb. 3: Weg der Erkenntnisgewinnung für den Beispielunterricht.

über den Versuchsablauf. Für alle Formen der Dokumentation können Tipp-Karten mit Formulierungshilfen bereitgestellt werden (vgl. CP 5.1, 5.2 und 5.3).

Die selbstständige Schüleraktivität schließt mit der Funktion „Ergebnisse formulieren und Präsentation vorbereiten“ ab. Die Darstellung der Beobachtungen und Erkenntnisse erfolgt










| Protokollbogen Chemie | | Name <i>Marie Musterschülerin</i> | Datum <i>01.04.2022</i> |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------|
| Schritt im Erkenntnisprozess | Schreibe hier das Wichtigste auf. | | Check |
|  Wir formulieren unser Problem als Frage | Wie können wir der <i>Salzkarawane</i> helfen, das wertvolle Salz aus dem Sand-Salz-Gemisch zurückzugewinnen? | | <input type="checkbox"/> |
|  Das ist unsere Idee (Hypothese) | Wir können das Sand-Salz-Gemisch trennen, indem wir die unterschiedliche Löslichkeit von Sand und Salz in Wasser nutzen. Wenn wir das Gemisch in Wasser geben, löst sich das Salz und der Sand kann abfiltriert werden. Anschließend können wir die verschiedenen Siedepunkte (und Dampfdrücke) von Wasser und Salz nutzen, indem wir die Lösung eindampfen und so das Salz als Feststoff zurückgewinnen. | | <input type="checkbox"/> |
|  Wir wollen unsere Idee mit diesem Experiment überprüfen |  Welche Materialien und Geräte brauchen wir? <i>Becherglas, Trichter, Filterpapier, Filtriergestell, Erlenmeyerkolben, Heizplatte/Brenner/Kerze</i> | <input type="checkbox"/> | |
| |  Welche Arbeitsschritte müssen wir durchführen? 1. Wir geben das Sand-Salz-Gemisch in ein Becherglas und gießen Wasser hinzu. 2. Wir falten das Filterpapier und stecken es in den Trichter. Unter den Trichter im Filtriergestell stellen wir den Erlenmeyerkolben. 3. Wir gießen das Sand-Salz-Gemisch in den Filter und fangen das Filtrat im Erlenmeyerkolben auf. 4. Dann stellen wir den Erlenmeyerkolben mit dem Filtrat (Salz-Lösung) zusammen mit einem Siedesteinchen auf die Heizplatte und verdampfen so das Wasser. Welches Ergebnis erwarten wir? <i>Wir erwarten, dass der Sand im Filter bleibt und das Salz im Erlenmeyerkolben.</i> | <input type="checkbox"/> | |
|  Sicherheits-Check | Dürfen wir das Experiment so durchführen? | | <input type="checkbox"/> |
|  Welche Beobachtungen können wir bei den einzelnen Arbeitsschritten machen? | <i>Sand bleibt im Filter zurück, Salz bleibt nach Eindampfen im Gefäß zurück.</i> | | <input type="checkbox"/> |
|  Auswertung War unsere Idee richtig oder falsch? Wie ist die Lösung des Problems? | <i>Unsere Idee war richtig, weil wir aus dem Gemisch Sand und reines Salz zurückgewonnen haben. Das Sand-Salz-Gemisch kann durch Lösen in Wasser, Abfiltrieren des Sandes und Eindampfen der Lösung in die Komponenten Sand und Salz getrennt werden.</i> | | <input type="checkbox"/> |
|  Warum konnte das Problem durch das Experiment gelöst werden? Erkenntnis | <i>Wir können das Sand-Salz-Gemisch trennen, indem wir die Löslichkeit von Sand und Salz in Wasser, die Größe der Sandkörner und die verschiedenen Siedepunkte von Wasser und Salz nutzen. Wenn wir das Gemenge in Wasser geben, löst sich nur das Salz im Wasser, der feste Sand kann abfiltriert werden. Anschließend können wir die Lösung eindampfen und das reine Salz gewinnen.</i> | | <input type="checkbox"/> |

Abb. 4: Protokollbogen für das unterrichtspraktische Beispiel mit möglichen maximal erwarteten Schüler:innenantworten, blau hervorgehoben.

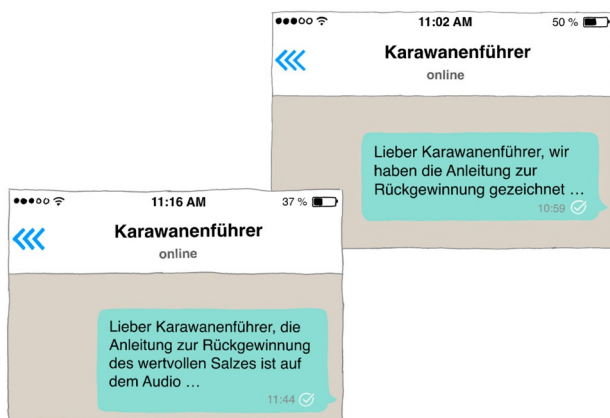
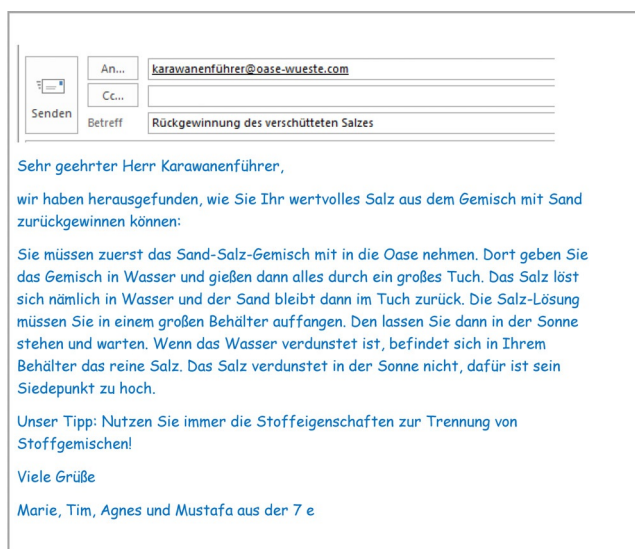


Abb. 5: Beispiele für mögliche Darstellungen der korrekten Versuchsanleitung: Oben als E-Mail an den Karawanenführer und unten als Nachricht über einen Messenger mit angehängter Audiodatei oder Abbildungen.

als Nachricht an den Karawanenführer, wie beispielhaft in Abb. 5 dargestellt ist. Um verschiedene Arten der Kommunikation und der Ergebnispräsentation zu ermöglichen (CP 5.1), sind verschiedene Formate möglich: Die Nachricht kann als Bildfolge mit einer Anleitung dargestellt oder der Text für eine E-Mail geschrieben werden (handschriftlich oder auf einem digitalen Endgerät). Denkbar wäre auch eine Sprachnachricht, die z. B. über einen Messenger verschickt werden soll (Abb. 5). Die Ergebnisse werden am Schluss der selbstständigen Arbeitsphase in den Gruppen für die Präsentation im Plenum vorbereitet.

2.3 Schlussphase

Die Funktion „Ergebnisse präsentieren“ wird im Plenum mit der gesamten Lerngruppe umgesetzt. Möglichst selbstständig präsentieren die Schüler:innen ihre Überlegungen, Versuchsergebnisse und Handlungsprodukte. Im Unterrichtsbeispiel wird CP 5.1 umgesetzt, indem die Ergebnisse mit Beamer bzw. Dokumentenkamera für alle sichtbar gemacht werden. Dabei könnte z. B. der Protokollbogen, die Bildfolge oder die formulierte E-Mail-Nachricht gezeigt oder das Audio abgespielt werden. Zudem kann das zurückgewonnene Salz mithilfe der Dokumentenkamera oder durch Herumzeigen präsentiert werden.

Im Rahmen der Funktion „Diskutieren und Bewerten“ werden die Handlungsprodukte bewertet, möglicherweise al-

ternative Handlungsoptionen gefunden und auch die Bewertungen und Entscheidungen begründet. Hierbei werden CPs zur Internalisierung umgesetzt (vgl. CP 6.4 und 9.3). Im Unterrichtsbeispiel wird überlegt: War die Idee richtig? (Wurde die Hypothese verifiziert?) Bei unterschiedlichen Lösungen: Welche Lösung ist die praktikabelste? Und warum?

In der Schlussphase wird die Funktion „Zusammenfassen und Sichern“ realisiert, indem die korrigierten Lernprodukte (z. B. E-Mail-Text und Bildfolge) an der Tafel, am Smartboard, im Heft und/oder auf dem Tablet fixiert werden und die ebenfalls korrigierten Audios für alle verfügbar gemacht werden. Dabei wird insbesondere CP 3.2 (Hervorheben von wichtigen Informationen, Merkmalen, Mustern, Ideen und Zusammenhängen) umgesetzt.

In der Funktion „Lernziel überprüfen und Arbeitsprozess reflektieren“ kann der Zuwachs in den chemiespezifischen Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung reflektiert und der Arbeitsprozess bewertet werden. Damit erfolgt z. B. ein lernprozessbegleitendes Feedback (vgl. CP 8.4). Im Unterrichtsbeispiel werden anhand eines kurzen Reflexionsbogens der Arbeitsprozess in der Gruppe und der individuelle Kompetenzzuwachs bezüglich des Erkenntnisprozesses und der Nutzung von Stoffeigenschaften (Siedepunkte, Körnchengröße) für die Trennung von Stoffgemischen mithilfe einer Zielscheibe reflektiert. Damit werden die CPs 6.4, 8.4 und alle CPs der Richtlinie 9 zum selbstregulierten Lernen umgesetzt.

Mit der Funktion „Abstrahieren, vernetzen und Ergebnisse transferieren“ werden die Inhalte und Erkenntnisse ergänzt und ggf. verallgemeinert und vor allem in übergeordnete Strukturen eingeordnet. Hiermit wird u. a. CP 6.3 (Erleichtern des organisierten Umgangs mit Informationen und Ressourcen) realisiert. Im Unterrichtsbeispiel wird ein Fazit zum inhaltlichen Ziel gezogen: Man kann ein Gemisch aus Sand und Salz trennen, indem man das Gemisch in Wasser löst, den Sand abfiltriert und die Salzlösung eindampft. Da sich Salz im Gegensatz zu Sand in Wasser löst, kann der unlösliche Bestandteil Sand von der durch Zugabe von Wasser entstandenen Salzlösung durch Filtrieren oder Sieben abgetrennt werden. Beim anschließenden Abdampfen wird der im Vergleich zu Salz niedrigere Siedepunkt von Wasser genutzt. Mithilfe des Advance Organizers wird das Prinzip der Trennung von Stoffgemischen anhand mehrerer Anwendungen verdeutlicht. Als weiterführende (Haus-)Aufgabe soll eine Idee (Hypothese) dazu gefunden werden, wie eine Trennung eines Gemischs aus Eisen und Schwefel erfolgen kann. Als Tipp kann eine Anleitung zur Hypothesenbildung mit Beispielen eingesetzt werden.

Zur Realisierung der didaktischen Funktion „Ausblick geben und abschließen“ wird ebenfalls der Advance Organizer genutzt, um die Hausaufgabe einzuordnen und ihren Wert für die Erreichung der angestrebten Lernziele am Ende der Unterrichtsreihe zu verdeutlichen. Der Ausblick auf die folgende Stunde rundet den Unterricht inhaltlich ab. Dabei wird CP 6.2 (Unterstützen der Planung und Strategieentwicklung zur Zielerreichung) umgesetzt. Den Abschluss bildet ein Abschiedsritual.

3. Fazit, Limitationen und Ausblick

Im Rahmen dieses Artikels wurde ein fiktiver Beispielunterricht, der mithilfe des Planungsmodells ChemDive konzipiert wurde, dargestellt. ChemDive wurde in Kombination von fach-, allgemein- und UDL-bezogenen Konzepten mit dem Ziel entwickelt, es (angehenden) Lehrkräften zu erleichtern, UDL-Elemente unmittelbar in die Planung des eigenen Fachunterrichts zu integrieren, um vor dem Hintergrund der wach-

senden Heterogenität von Lerngruppen die Qualität von Chemieunterricht für alle Lernenden zu optimieren.

ChemDive wurde in chemiedidaktischen Seminaren zur Vorbereitung einer Praxisphase (Praxissemester) vermittelt und seine Anwendung eingeübt. Dabei zeigen die Unterrichtsplanungen der Studierenden, dass noch nicht alle didaktischen Funktionen gemäß ChemDive richtig umgesetzt wurden. Besonders in der Hauptphase zeigte sich, dass die an den jeweiligen Unterricht angepasste Umsetzung der didaktischen Funktionen Schwierigkeiten bereitet. Zur Unterstützung der Studierenden sollen daher weitere Unterrichtsbeispiele mit anderen Schwerpunkten und Zielsetzungen – wie die nichtexperimentelle Erarbeitung eines Unterrichtsinhalts – entwickelt werden. Dennoch zeigen zahlreiche Rückmeldungen der Studierenden, dass ChemDive, das inzwischen für Seminarteilnehmer:innen auch übersichtlich in einem digitalen Format zur Verfügung steht, bei der Unterrichtsplanung als praktikabel und äußerst hilfreich empfunden wird:

- „Ich habe das Gefühl, dass jedes Mal eine sinnvolle Stunde entstanden ist, wenn ich mich an dem Planungsmodell orientiert habe. Vor allem als es den Onlinezugang zum Modell gab, hat es mir die Planung sehr erleichtert.“
- „Ein Modell an dem man sich ‚entlanghangeln‘ kann und somit leicht einen roten Faden in den Unterricht bekommt...“
- „Man hatte dadurch einen groben Fahrplan, der einem bei Unsicherheiten immer Sicherheit gegeben hat.“ [24]

Dennoch bedarf es zukünftig einer umfangreicheren empirischen Prüfung der Wirkung, vor allem auch in schulpraktischen Studien. Als erster Schritt ist die Evaluation des hier vorgestellten Beispielunterrichts in der Schule bezüglich seiner Praktikabilität für (angehende) Lehrkräfte und seiner Wirkung auf die Schüler:innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen geplant.

Danksagung

Wir danken Katharina Ziesen für die zeichnerische Umsetzung der Symbole in Abb. 1 und Charlotte Holländer für die Zeichnung in Abb. 5. Open Access Veröffentlichung ermöglicht und organisiert durch Projekt DEAL.

Literatur

- [1] Vock, M., Gronostaj, A. (2017). Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht. Friedrich-Ebert-Stiftung Abt. Studienförderung, Berlin.
- [2] Rose, D. H., Meyer, A. (2002). Teaching every student in the Digital Age. Universal design for learning. Assoc. for Supervision and Curriculum Development, Alexandria.
- [3] CAST (2020). Research Evidence. <http://udlguidelines.cast.org/more/research-evidence>.
- [4] Holländer, M., Böhm, K., Melle, I. (2022). Systematische Integration des Universal Design for Learning in den Unterricht. Das Planungsmodell ChemDive mit seinen grundlegenden didaktischen Funktionen. <http://hdl.handle.net/2003/40802>.
- [5] Ralabate, P. (2016). Your UDL lesson planner. The step-by-step guide for teaching all learners. Brookes Publishing, Maryland.
- [6] Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In: Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning and Teacher Education. Flick, L. B., Lederman, N. G. (Hrsg.). Springer, Dordrecht, 1–14.
- [7] Di Fuccia, D.-S., Ralle, B. (2010). Forschend-entwickelnd und kontextorientiert. Eine Beziehungsanalyse des forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens und Chemie im Kontext in fünf Denkstufen. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht 63, 296–304.
- [8] Leisen, J. (2014). Wie soll ich denn meinen Unterricht planen? Lehr-Lern-Prozesse planen am Beispiel Elektrizitätslehre in Physik. In: Lehr-Lernprozesse in der Schule: Referendariat. Praxiswissen für den Vorbereitungsdienst. Maier, U. (Hrsg.). Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 102–117.
- [9] 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, 1041–1062.
- [10] Schmidkunz, H., Lindemann, H. (1995). Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Westarp Wissenschaften, Magdeburg.
- [11] Brüning, L., Saum, T. (2009). Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen. 5. Aufl. Neue Deutsche Schule Verlagsgesellschaft, Essen.
- [12] Baumann, T., Kieserling, M., Struckholt, S., Melle, I. (2018). Verbrennungen – Eine Unterrichtseinheit für inklusiven Unterricht. CHEMKON 25, 160–170.
- [13] Schmitt, A. (2016). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Logos, Berlin, 217.
- [14] Wähsler, I., Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 14, 219–241.
- [15] Jank, W. (1993). Zwischen Allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik. Analyse didaktischer Funktionen von Handlungsmustern des Unterrichts. In: Unterrichtsmethode in Theorie und Forschung. Bilanz und Perspektiven. Adl-Amini, B., Schulze, T., Terhart, E. (Hrsg.). Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 233–256.
- [16] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen – Chemie.
- [17] Brüning, L. (2010). Störungsfrei unterrichten. Klassenmanagement als Basis erfolgreicher Lehr- und Lernprozesse. Neue Deutsche Schule Verlagsgesellschaft, Essen, 4–8.
- [18] Borsch, F. (2019). Kooperatives Lernen. Theorie – Anwendung – Wirksamkeit. 3. Aufl. W. Kohlhammer, Stuttgart.
- [19] Brüning, L., Saum, T. (2019). Direkte Instruktion. Kompetenzen wirksam vermitteln. Neue Deutsche Schule Verlagsgesellschaft, Essen.
- [20] Holländer, M., Melle, I. (2011). Advance Organizer. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht 64, 452–456.
- [21] Holländer, M., Melle, I. (2012). Die Effektivität des Advance Organizers im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht 65, 44–52.
- [22] Stockard, J., Wood, T. W., Coughlin, C., Rasplia Khoury, C. (2018). The Effectiveness of Direct Instruction Curricula: A Meta-Analysis of a Half Century of Research. Review of Educational Research 88, 479–507.
- [23] Jasper, L. (2021). Gestaltung von digitalen Unterrichtssettings für heterogene Lerngruppen – Analyse der Rückmeldungen von Studierenden aus der Schulpraxis. Unveröffentlichte Masterarbeit, TU Dortmund.

Eingegangen am 14. Januar 2022
Angenommen am 16. März 2022