

Katja Weirauch, Claudia Schenk, Christoph Ratz und
Christiane Reuter

Experimente gestalten für inklusiven Chemieunterricht. Erkenntnisse aus dem interdisziplinären Lehr- und Forschungs-Projekt ,Chemie all-inclusive‘ (Chai)

Zusammenfassung: Für die Gestaltung von inklusivem Chemieunterricht werden drei Elemente von Fachlichkeit expliziert: Begriffe bzw. Fachsprache, Modelle, Experimentieren. Aufbauend darauf werden praktisch bewährte Methodenwerkzeuge vorgestellt und diskutiert, wie Elemente von Fachlichkeit mit ihnen vermittelt werden können. Abschließend wird versucht, Charakteristika einer generisch naturwissenschaftlich-inklusive Didaktik abzubilden und schlussfolgernd eine für ihre Realisierung notwendige professionelle Kompetenz zu umreißen.

Schlagwörter: Inklusiver Chemieunterricht, Inklusive Didaktik, Förderungsschwerpunkt Geistige Entwicklung, geistige Behinderung

Designing Experiments for inclusive Chemistry Teaching. Findings from the interdisciplinary teaching- and research- project ‘Chemie all-inclusive‘ (Chai)

Abstract: Three aspects of subject-specific content („Fachlichkeit“) are essential for inclusive chemistry teaching: wording and terminology, models and experiments. Considering these, several teaching methods are presented that have proven to be helpful in practice. We discuss how elements of subject-specific content may be addressed by these methods. Finally, we deduce generic characteristics of inclusive science teaching and try to outline professional competencies for its realization.

Keywords: inclusive chemistry teaching, inclusive education, intellectual disability, developmental disability

1. Einleitung

Entsprechend ihrer Profession bringen Lehrkräfte eigentlich vielfältige Kenntnisse mit, um inklusive Lerngruppen zu unterrichten. Erfolgreiche Unterrichtspraktiken der Förderschulen sind z. T. aus der Allgemeinen Didaktik entliehen, und umgekehrt finden sich erfolgreiche Methoden des Förderunterrichts an Allgemeinen Schulen (Florian & Linklater, 2010). Häufig fehlt jedoch das Wissen über die konkrete Planung von inklusivem Unterricht und die interdisziplinäre Zusammenführung der wechselseitigen Expertise gelingt nicht (Menthe & Scheidel, 2015).

Im inklusiven (Fach-)Unterricht müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden, die Ratz (2017) formuliert und die hier für das Fach Chemie spezifiziert sind (siehe Abb. 1).

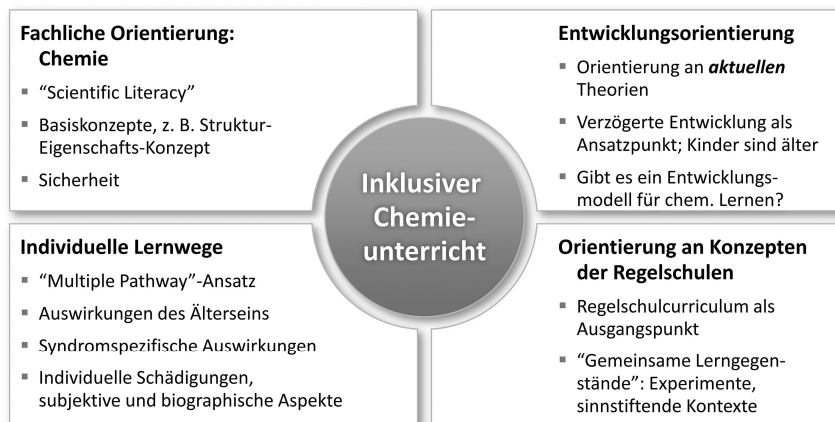


Abb. 1: Orientierungspunkte für inklusiven Chemieunterricht

Nach diesen Prämissen kooperieren seit Jahren Chemiedidaktik und Lehrstuhl für Pädagogik bei Geistiger Behinderung an der Universität Würzburg. Gemeinsam wurde an der Klärung relevanter Elemente von Fachlichkeit gearbeitet, um darauf aufbauend nützliche Methodenwerkzeuge abzuleiten (Weirauch, Schenk, Ratz & Reuter, 2020). Mittlerweile haben damit Studierende aller Lehrämter und sonderpädagogischer Fachrichtungen über 70 Experimentierstationen entwickelt. Aus der mehrfachen Durchführung mit Klassen verschiedener Förderschwerpunkte und Jahrgangsstufen oder Klassen für geflüchtete Schüler*innen (DaZ) gingen best-practice-Beispiele

hervor. Diese wurden mit Lehrkräften reflektiert, überarbeitet und im Rahmen von Tagungen diskutiert.

2. Fachlichkeit und inklusiver Chemieunterricht

Abels, Plotz, Koliander und Heidinger (2018) bemängeln, dass aktuelle Vorgaben für das Lehren von Chemie den Anforderungen inklusiven Unterrichtens widersprechen. In einer inklusiv orientierten Schullandschaft muss gewährleistet werden, dass alle Schüler*innen Zugang zu Inhalten haben, die dem Anspruch nach kategorialer Bildung im Sinne Klafkis (1996) gerecht werden. Dabei bietet die Orientierung an Fächern der Regelschule eine wichtige Grundlage für die Auswahl von Bildungsinhalten. Auch für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (FgE) wurde diese in den letzten Jahren verstärkt in der Literatur gefordert (Ratz, 2011; Riegert & Musenberg, 2015) und findet Eingang in neuere Bildungspläne.

Inhalte und Ziele naturwissenschaftlicher Fächer werden in Bildungsstandards der KMK für die weiterführenden Schulen beschrieben. Als primäres Ziel formulieren sie das Erlangen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (KMK, 2005). Diese sog. Scientific Literacy umfasst einerseits Fachwissen und andererseits die Anwendung dieses Wissens, um persönliche und gesellschaftliche Entscheidungen zu fällen (Lederman, Antink & Bartos, 2014). Was bedeutet naturwissenschaftliche Bildung, was sind ihre Inhalte und welche didaktischen Herangehensweisen sind für inklusive Ansätze zielführend?

Zentrales Anliegen der (Natur-)Wissenschaft ist es, natürliche Phänomene zu erklären. Die Eigenheit der Naturwissenschaften wird in der internationalen Forschung als „Nature of Science“ (NOS) bezeichnet. McComas, Michael und Almazora (1998) betonen unter anderem, dass es keinen einen Weg des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns gibt und dass Erkenntnisse immer vorläufig und subjektiv gefärbt sind. Während NOS allen Naturwissenschaften gemeinsam ist, bestehen Unterschiede zwischen den Fächern und damit eine jeweils generische Fachlichkeit.

Fachlichkeit wird hier nicht als Teil von Professionalität betrachtet, sondern als eine zentrale Dimension von Unterricht. Gemeint ist „ein bestimmter Modus der Organisation eines Wissens und des Umganges mit ihm, eine bestimmte ‚Wissenspraxis‘, die im Sortieren, Ordnen, Vereinheitlichen und Verknüpfen von Wissen in Wissensbeständen und in der Abgrenzung gegenüber anderen besteht“ (Reh, 2018, S. 66). Reh weist darauf hin, dass Fachlichkeit in Bezug auf Unterricht als Produkt der Interaktion zwischen Lehrkraft und Lernenden zu einem Thema verstanden werden muss, und damit das „Schulwissen“ gemeinsam „koproduziert“ wird (ebd.).

Versteht man Chemie als Wissenschaft der Eigenschaften und Veränderungen von Stoffen, so wird deutlich, dass sie nicht erst mit dem Aufstellen von Gleichungen beginnt, sondern es bereits zu Chemie gehört, Stoffe zu (er-)kennen, diese zu erkunden und zu manipulieren. Der übliche „didaktische Denkhorizont“ der Curricula für Chemie beachtet basale Themen, welche für inklusive Ansätze aber essentiell sind, nur wenig. Abgesehen von der thematischen Fokussierung muss eine Konzentration auf grundlegende fachliche Prinzipien erfolgen, wobei die in den Bildungsstandards formulierten „Basiskonzepte“ des Faches Orientierung bieten können (Stoff-Teilchen- u. Struktur-Eigenschafts-Konzept, chemische Reaktion, Energiebeteiligung) (KMK, 2005). Stärker fächerübergreifende Prinzipien finden sich in den „Crosscutting Concepts“ der Next Generation Science Standards (NGSS, 2013), z. B. Ursache und Wirkung, Masse und Energie, Struktur und Funktion. Die im Rahmen von PISA 2018 formulierten Kompetenzstufen sehen im einfachsten Fall das Nutzen grundlegenden Wissens zur Erklärung einfacher Phänomene vor. „Mit Unterstützung“ können Schüler*innen „vorstrukturierte naturwissenschaftliche Untersuchungen mit maximal zwei Variablen durchführen“ (Reiss, Weis, Klieme & Köller, 2019, S. 221). Es stellt sich jedoch die Frage, welcher Art die Unterstützung sein muss, um (sehr heterogenen) Lerngruppen einen entsprechenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zu ermöglichen. Unter Berücksichtigung der oben genannten Rahmenvorgaben hat sich im Chai-Projekt eine Fokussierung auf drei wesentliche Elemente bewährt: Fachsprache, Modellieren sowie Experimentieren.

3. Elemente von Fachlichkeit

Für das Erlernen von Chemie beschreibt Johnstone (1993) drei notwendige Betrachtungsebenen: Die Makroebene, die submikroskopische Ebene und die „repräsentative“ Ebene (Symbole, chemische Gleichungen). Wesentliche Methoden der Erkenntnisgewinnung wie Experimentieren, aber ausdrücklich auch Modellieren tragen auf Makroebene zur Auseinandersetzung mit der Sache bei, können kognitiv aktivieren und ermöglichen eine anschaulich induktive Vorgehensweise. Modelle öffnen den Zugang zur submikroskopischen Betrachtungsebene der Chemie (im Sinne Johnstones), aber auch zur symbolischen. Letztere ist eng verknüpft mit und nur zugänglich über eine entsprechende Fachsprache. Über die Anpassung von Begrifflichkeiten als generisch fachdidaktische Aufgabe (Schecker, Parchmann & Stauschek, 2015) muss in inklusiven Settings besonders gründlich nachgedacht werden.

3.1 Begriffe und (Fach-)Sprache

Sprechen und Denken stehen bei der Erschließung von Welt in unmittelbarem Zusammenhang. Begriffe und mentale Repräsentationen sind aufeinander bezogen und werden durch Erfahrungen in Interaktion mit der Umwelt generiert und vernetzt (Gropengießer, 2007). Gebhard, Höttecke und Rehm (2017) bekräftigen, dass es nicht reicht, lediglich in Alltagssprache zu sprechen. Durch Fachsprache werden Objekte und Prozesse präzisiert, Fachwörter definiert und können kontextunabhängig von einer wissenschaftlichen Adressat*innengruppe verstanden werden. Von Seiten der Lehrkräfte besteht die Gefahr, die Verwendung von Fachsprache von Schüler*innen vorschnell einzufordern. Die gewünschte Fachsprache kann dann überfordernd wirken oder fälschlicherweise Verstehen suggerieren.

Aufgrund der sprachlichen Heterogenität von Schüler*innen in inklusiven Settings müssen zunächst direkte Erfahrungen im Vordergrund stehen. Die Alltagssprache stellt den Ausgangspunkt für das Erlernen naturwissenschaftlicher Begriffe und deren Vernetzung dar, da deren Semantik für die Entwicklung fachsprachlicher Begriffe und das Verstehen ihrer entsprechenden Bedeutung unbedingt nötig ist. Das heißt, Lernen muss in einer Sprache erfolgen, die den Schüler*innen vertraut sowie bereits verfügbar ist – das meint ausdrücklich auch nonverbale Kommunikationsformen. Kurz gesagt: Es ist besser in Alltagssprache in die Welt der Naturwissenschaften und ihre Denkweisen einzutauchen, als von dieser Welt aufgrund sprachlicher Schwierigkeiten ausgeschlossen zu sein. In einem reflexiven Prozess werden unter Berücksichtigung der Bedürfnisse des Einzelnen Sprechweisen des Alltags mit fachlich angemessenen Begrifflichkeiten ergänzt (Gebhard et al., 2017). Bedacht werden muss von Anfang an, welche Fachwörter das Verstehen behindern können, adaptiert werden müssen oder ob und wie viele Fachwörter überhaupt nötig sind, um den Sachverhalt zu erklären. Dabei muss jedoch stets darauf geachtet werden, dass keine falschen Vorstellungen durch ungenaue oder falsche Begriffe hervorgebracht werden (Barke, 2006). Ein Katalysator kann auch als „Verschnellerer“ bezeichnet werden oder „Sprudelgas“ das Wort „Kohlenstoffdioxid“ zunächst ersetzen. Kriterium zur Nutzung solcher Alltagsbegriffe muss stets sein, ob sie ausbaufähig in Richtung des Fachbegriffes sind.

3.2 Modelle und Modellieren

Die Chemie ist bestrebt, beobachtbare, materielle Phänomene auf ihren Aufbau aus kleinsten Teilchen zurückzuführen. Diese sind nicht direkt beobachtbar und so muss mit indirekten Abbildern des Geschehens gearbeitet werden, welche als „Modell“ bezeichnet werden. Da nie alle Aspekte

eines Originals abgebildet werden können, entscheidet sich die Person, die das Modell schafft, für bestimmte Merkmale. Modelle haben im Chemieunterricht die Funktion eines Mediums zur Vermittlung des entsprechenden fachlichen Inhalts. Ausgehend vom Realmodell soll im Kopf der Lernenden ein fachlich adäquates und für die Erklärung eines Phänomens möglichst tragfähiges Gedankenmodell entwickelt werden, welches gleichzeitig ausbaufähig für die Erklärung weiterer Phänomene ist.

Aufgrund der Ähnlichkeit zwischen Original und Modell können weitere Eigenschaften des Originals vermutet werden. Solche Voraussagen müssen wiederum experimentell oder empirisch überprüft werden, um die Gültigkeit des erweiterten Modells zu bestätigen. Die derartige Nutzung von Modellen wird als „Modellieren“ bezeichnet und gilt als fachtypischer Erkenntnisweg der Chemie.

Für die Arbeit mit heterogenen Lerngruppen ist davon auszugehen, dass viele der Lernenden sich nicht-Sichtbares nicht vorstellen können. Deshalb müssen didaktische Hilfen gefunden werden, um die Arbeit mit Modellen fruchtbar zu machen. Durch einen handelnden Umgang sollen alle Schüler*innen Erfahrungen mit verschiedenen Modellen sammeln, um wichtige Aspekte von Modellkompetenz zu erlangen, wie z. B. Modelle als Kopien von etwas zu verstehen oder Modellobjekte zur Beschreibung von etwas einzusetzen (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010).

3.3 Experimentieren

Bisher wurde kein Konsens über einen einheitlichen Experimentierbegriff für den Unterricht gefunden (Höttecke & Rieß, 2015). Für Keune (1963, S. 670) ist ein Experiment „ein systematisch und gelenkt durchgeführtes Untersuchungsverfahren, [...] bei dem planmäßig und bewusst Beobachtungen zum Zwecke des Erkennens bestimmter Tatsachen [...] durchgeführt werden“. Die Schwierigkeiten einer einheitlichen Definition zeigen sich auch beim naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg. In der Regel existiert eine Frage, die beantwortet werden soll. Es wird eine Erklärung im Sinne einer Hypothese formuliert, welche überprüft werden soll. Beobachtungen bzw. Daten werden gewonnen und müssen interpretiert werden, womit sich klärt, ob die Hypothese bestätigt oder widerlegt wurde. Im Anschluss müssen die Ergebnisse kommuniziert werden. Zu experimenteller Kompetenz gehört die Fähigkeit, das Experiment funktionsfähig aufzubauen und die Daten zu dokumentieren und aufzubereiten (Nawrath, Maisyenka & Schecker, 2011). Dass auch im Regelunterricht diese Anforderungen nur bedingt geleistet werden können, zeigt Nerdel (2017) auf. Für inklusiv angelegten Unterricht stellt sich deshalb die Frage, welche vereinfachten Formen sich für diese Kompetenzen finden lassen.

Gut, Hild, Metzger und Tardent (2013) formulieren Aspekte von Experimentierkompetenz, die erfolgreich angebahnt werden können. So können bei entsprechender Unterstützung Lernende der Frage nachgehen, welche Stoffe in der Windel das Wasser aufnehmen („fragengeleitetes Untersuchen“). Sie messen definierte Mengen ab („skalenbasiertes Messen“) und werden durch Markierung der Einfüllhöhe unterstützt. Sie sortieren die Stoffe relativ zueinander nach ihrer Saugfähigkeit („effektbasiertes Vergleichen“). Sie beobachten, dass aus dem Superabsorber mit Wasser ein Gel entsteht, während z. B. der Zellstoff unverändert bleibt („kategoriegeleitetes Beobachten“).

4. Methodenwerkzeuge für inklusiven Chemieunterricht

Im Folgenden werden ausgewählte Methodenwerkzeuge für die Planung und Umsetzung sowie deren mögliche Anwendung im Unterricht vorgestellt.

4.1 Werkzeuge für die Planung

4.1.1 Finden eines Kontextes mit DIM's

Ausgehend von der Erkenntnis, dass Lernen stets situiert ist und zur Vermeidung von trägem Wissen entstand die Forderung, im Unterricht stets an Kontexte aus dem Alltag anzuknüpfen. Vor allem im Fach Chemie entstanden Konzepte, die für Schüler*innen bedeutsame Gegenstände und Gründe für die Beschäftigung mit Chemie suchten (Demuth, Gräsel, Parchmann & Ralle, 2008). Spätere Untersuchungen zeigen, dass ein allgemeiner Alltagsbezug keine gesteigerte Motivation bei den Lernenden erzielt. Um sinngebend zu wirken, muss ein Kontext von Lernenden als authentisch und besonders und damit als relevant empfunden werden (van Vorst, Fechner & Sumfleth, 2017).

Das Finden eines authentischen Phänomens erweist sich immer wieder als schwierig. Hilfreich kann das Methodenwerkzeug „DIM“ („das interessiert mich“) sein (Weirauch et al., 2020). Es fokussiert die Interessen der Lehrenden und nutzt deren eigene Emotionen als Auswahlkriterium. Ein Eigeninteresse der Lehrkraft geht in der Regel mit einem größeren Enthusiasmus für das Lehren einher, und dieser gilt als ein Prädiktor für erfolgreicheres Lernen (Kunter et al., 2011). Zur Findung eines Phänomens wird ein WebQuest durchgeführt, um „DIM's“ zu identifizieren. Hilfreich ist die Eigenbeobachtung: Wenn man selbst in „Grinsen oder Grübeln“ (G&G) ausbricht, ist das ein guter Indikator dafür, dass es Lernenden ähnlich geht.

Negative Emotionen können ebenso aktivierend wirken wie positive (Pekrun, 2006). Kriterium für die Entscheidung für ein Phänomen sollte sein, welches die anvisierten Lernenden voraussichtlich am stärksten als authentisch wahrnehmen. Durch einen am Kontext arbeitenden Unterricht entsteht explizit ein inklusiver Zugang, da mit größerer Wahrscheinlichkeit alle Lernenden über Vorerfahrungen verfügen.

4.1.2 Suche nach dem dahinterstehenden Prinzip

Zur Planung inklusiver Experimentierstationen muss die didaktische Strukturierung und fachliche Klärung (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) eines bestimmten Phänomens für eine heterogene Schülerschaft erfahrungsgemäß sehr tiefgreifend stattfinden, denn:

- Phänomene aus der Lebenswelt sind komplex und nicht mit wenigen Worten zu erklären (Weirauch, Lohwasser, Fenner & Geidel, 2019)
- Fachliche Hintergründe von Alltagsphänomenen sind kein „Standard-Chemie-Wissen“ und oft nicht ganz geklärt
- Es ist schwierig, sich auf *ein* zu vermittelndes Prinzip zu fokussieren.

Orientierung bietet das Konzept der Elementarisierung, welches sich ausgehend von Klafki (1996) entwickelt hat. Heinen (2003) kritisiert, dass Bedürfnisse von Schüler*innen, die abseits der Ideallinie von Unterricht liegen, viel zu wenig beachtet werden. Er hat das Modell weiterentwickelt und auf die Geistigbehindertenpädagogik übertragen. Es geht nicht darum, nur Fachinhalte zu reduzieren bzw. zu simplifizieren. Nach Lamers und Heinen (2006) sollen die elementaren Strukturen eines Lerninhalts auch aus methodisch-medialen, kulturell-gesellschaftlichen, persönlich bedeutsamen und entwicklungspsychologischen Blickwinkeln betrachtet werden. Es wird nach den konstitutiven Grundbestandteilen des Faches gefragt, um elementare Strukturen der Bildungsinhalte zu identifizieren und den gewählten Inhalt bzw. Kontext sach- und schülergemäß aufzubereiten.

Nachdem ein interessantes Alltagsphänomen gefunden wurde, gilt es also, fachliche Grundbestandteile offenzulegen, um dann eine Entscheidung für das zu vermittelnde naturwissenschaftliche Prinzip zu fällen. Diese Aufgabe ist keineswegs trivial. Sie geht mit der Entwicklung eines grundsätzlichen Verständnisses vom Fach, seiner Inhalte und den individuellen Zugangsmöglichkeiten der Schüler*innen einher.

4.1.3 Planungsraster mit Zugangsebenen

Zur Planung einer Experimentierstation, an der alle Lernenden aktiv handelnd tätig werden können, bietet sich ein Planungsraster an, dessen Ziel ist

es, für jeden Erkenntnisschritt verschiedene Zugänge zum Lerninhalt mitzudenken. Auf Grundlage theoretischer Überlegungen von Leontjev (1980) und Straßmeier (2000) nutzt Goschler (2018) die Idee des Lernstrukturgiters von Kutzer (1998) für die Entwicklung seines Planungsrasters. Damit sollen die verschiedenen „Zugangstüren“ bei der Planung von inklusiven Settings kleinschrittig bedacht und gezielt für die Schüler*innen geöffnet werden. In Anlehnung an Goschler (2018) empfehlen wir die Berücksichtigung folgender Zugangsebenen:

- *basal-perzeptive Ebene*: Entsprechend der fachlichen Zielsetzung geht es beim Zugang über Wahrnehmungsprozesse um die sinnliche Erkundung und Erfahrung z. B. von Farbe, Textur, Geschmack.
- *konkret-gegenständliche Ebene*: Das Experimentieren oder der Umgang mit Realmodellen fokussiert den Zugang über Gegenständlichkeit und Handlung, wobei es nicht bei bloßem Tun oder Hantieren bleiben darf. Im Mittelpunkt steht die kognitive Aktivierung, welche mit Denkprozessen einhergeht und unterschiedliche Formen der Kooperation beinhalten kann.
- *anschaulich-bildhafte¹ Ebene*: Durch Veranschaulichung wird die Verbal- und Schriftsprache mit Realgegenständen, Fotos oder Piktogrammen unterstützt, z. B. durch visualisierte Anleitungen, Markierungen an Gefahrenstellen oder Messinstrumenten. Die Abstraktionsgrade der Ikonizität und weitere Möglichkeiten der Darstellung (Scholz, Dechant, Dönges & Risch, 2018) sollten bedacht und reflektiert werden.
- *abstrakt-begriffliche Ebene*: Beim Zugang über Abstraktion erfolgt eine rein kognitive Erfassung der Wirklichkeit über Sprache, Gedanken und Schrift ohne direkte Aneignungsmittel. Dies geschieht z. B. beim Formulieren von Hypothesen oder Begründungen, beim Erwerb von Fachbegriffen oder beim Transfer auf andere Phänomene.

Im tabellarisch angeordneten Planungsraster (Goschler, 2018) werden für jeden Erkenntnisschritt möglichst konkrete Vorhaben bzw. Zugänge zum Gemeinsamen Gegenstand (Feuser, 2013) notiert und während der Planung mehrfach reflektiert. Wesentlich ist, dass alle vier Zugänge für *alle* Lernenden jederzeit offenstehen, keine Hierarchie unter ihnen besteht und während des Lernprozesses zwischen den Ebenen gewechselt werden kann. Die einzelnen Ebenen beeinflussen sich wechselseitig, d. h. sie sind nicht streng voneinander abgrenzbar und ermöglichen verschiedene Zugänge an dersel-

1 Abweichend von Goschler verwenden wir hier in Anlehnung an Menthe und Hoffmann (2016) den Begriff „anschaulich-bildhaft“.

ben Station. So können Kinder mit FgE bei passender Formulierung von der abstrakt-begrifflichen Ebene ebenso profitieren wie hochbegabte Kinder von Angeboten auf basal-perzeptiver Ebene. Wichtig ist, dass die Angebote auf den verschiedenen Ebenen der gleichen Logik folgen, d. h. *dieselbe* Idee vermittelt wird.

4.2 Werkzeuge für die Umsetzung

Makroskopische Veränderungen von Stoffen lassen sich chemisch nur auf Ebene submikroskopischer Teilchen erklären. Das Verständnis von nicht Sichtbarem erfordert die Fähigkeit zur Imagination (vgl. Schenk & Ratz, in diesem Beiheft). Da chemische Modellvorstellungen den anvisierten Lernenden in der Regel unbekannt sind, bleibt nur der Weg, die metaphorische Übertragung vom Ursprungsbereich der Alltagserfahrung auf den Zielbereich des Fachlichen anzubahnen. Die Teilchenebene und deren Verknüpfung mit der Realebene sollte möglichst konkret erfahrbar und somit begreifbar sein. Erklärungen dürfen nie nur sprachlich erfolgen. Durch Realmodelle – wir sprechen von „Teilchen-Theater“ – wird das Unsichtbare sichtbar, chemische Ursachen handelnd erfahrbar und Erklärungen erschlossen. Als Unterstützung der Übertragung auf das reale Phänomen dient ein sog. „Zoom-Booklet“.

4.2.1 Teilchen-Theater

Analogiemodelle sind nahe an der Erfahrungswelt der Lernenden, da sie auf ein inneres, aus der Lebenswelt bekanntes Bild zurückgreifen, um das beobachtete Phänomen zu erklären. Die Lösung von Salz in Wasser kann z. B. erklärt werden als „das Salz ist im Wasser so fein verteilt, dass man es nicht mehr sehen kann“. Die Analogie der Verteilung wird genutzt, um zu verdeutlichen, dass Auflösen nicht mit Verschwinden gleichzusetzen ist. Das Herausziehen des unsichtbaren Kohlenstoffdioxid aus einer Sprudelflasche kann verglichen werden mit dem Herausquellen von Kindern aus einem vollgestopften Bus.

Auch das leibliche Nachspielen kann Lernenden helfen, Prozesse zu verstehen (McSharry & Jones, 2000) oder eine Erfahrung zu machen, die ein späteres Verständnis unterstützen kann (Aubusson, Fogwill, Barr & Perkovic, 1993). Mit diesem „Rollenspiel-Teilchen-Theater“ kann z. B. die Reaktion von Säure mit Kalk nachvollzogen werden, wenn sich Kinder in der Rolle des „Kalks“ an beiden Händen festhalten. Diese Bindung ist so fest, dass man die gepaarten Bausteine des Kalks schwer wegschieben kann. Ein Kind spielt Säure und gibt sein Proton in Form eines Balls ab, den es auf den Kalk wirft. Um den Ball zu fangen, müssen die miteinander verbunde-

nen Kinder ihre Hände loslassen. Einzelne können die Kinder leichter bewegt werden. Das Rollenspiel illustriert, dass Bindungen im Kalk durch Einwirken des Protons (im weitesten Sinne) gebrochen werden und sich der Feststoff lösen lässt.

Falls sich keine tragfähige Analogie finden lässt, muss man auf Funktionsmodelle zurückgreifen, die relevante Aspekte der Teilchenebene abbilden (Abb. 2). Schüler*innen können damit schrittweise und eigentätig die chemischen Prozesse nachstellen. Bspw. symbolisieren Klettverschlüsse Bindungen, die gelöst oder verbunden werden und durch verformbare Stahlschwämme kann die Denaturierung von Eiweißmolekülen imitiert werden.



Abb. 2: Nachstellen des Abfiltrierens des denaturierten Eiweiß

4.2.2 Zoom-Booklet

Lernende müssen nicht nur Modelle zur Imagination der chemischen Teilchenebene kennenlernen, sie müssen auch dabei unterstützt werden, diese Modellvorstellungen mit dem beobachtbaren Phänomen sinnvoll zu verknüpfen. Dies ist nach Sumfleth und Nakoinz (2019) ein generisches Problem der Chemiedidaktik und gelingt oft nicht. Ohne entsprechende Ver-

knüpfung kann das Modell zwar eine innere Logik entfalten, aber keine Erklärungsmacht für ein Phänomen entwickeln.

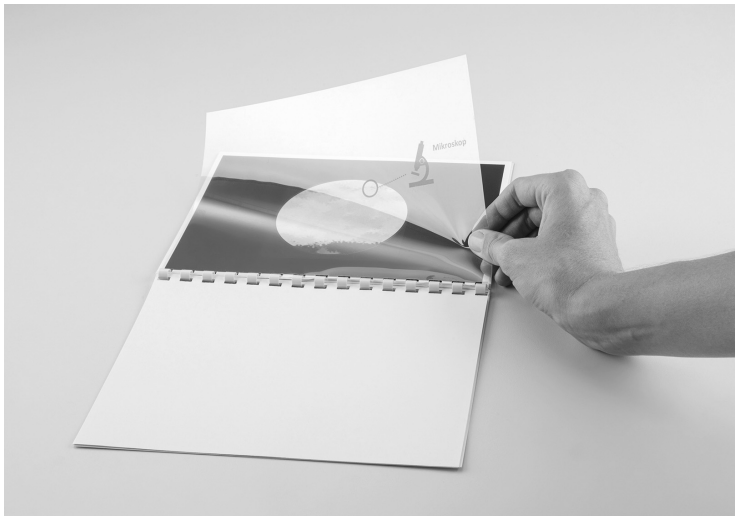


Abb. 3: Zoom-Booklet zu „Herstellung von Quark“

Deshalb wird beim Zoom-Booklet mit einer Lupe den Lernenden zunächst das Prinzip der Vergrößerung demonstriert – vorzugsweise an dem Real-Objekt, dessen innerer Aufbau verstanden werden soll. Die weiteren zur Vergrößerung genutzten Geräte sind jeweils auf durchsichtigen Folien den Abbildungen der verschieden vergrößerten Ebenen zwischengeschaltet, ein Umblättern ergibt das durch dieses Gerät sichtbar Gemachte (Abb. 3). Seite für Seite wird von der Makroebene über die Mikroebene zur submikroskopischen Ebene geleitet. Das finale Bild bildet die Brücke zum möglichst ähnlich aussehenden Funktionsmodell (Abb. 4), mit dessen Hilfe die chemischen Vorgänge nachgestellt und besprochen werden (Abb. 2) (Bsp. aus Weirauch, Schenk & Ratz, in Druck).

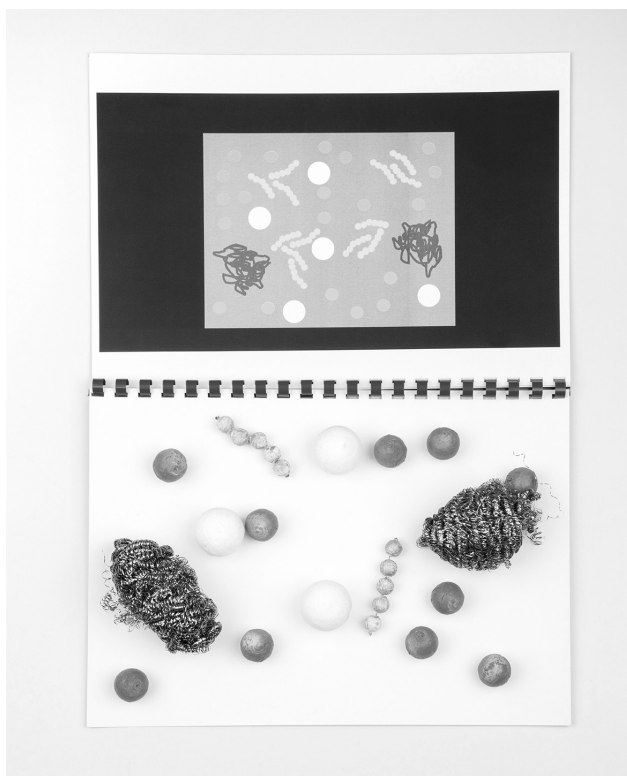


Abb. 4: Letzte Seite des Zoom-Booklets „Bestandteile der Milch“

5. Diskussion, Fazit, Ausblick

Dieser Beitrag zeigt, dass die Komplexität des Faches Chemie nicht vermieden werden kann und nur durch abstrakte Denkopoperationen und Modelle verstehbar ist. Diese fachimmanenten Barrieren können durch die vorgestellte Methodik reduziert und damit ein individueller Zugewinn an Fachlichkeit und damit Scientific Literacy ermöglicht werden. Die Schaffung von passenden Lerngelegenheiten ist – wie so oft in der Bildung – ein Wagnis ohne Gewähr des Erfolgs, stellt aber einen Vertrauensbeweis in die Bildbarkeit des Subjektes dar und ist aus pädagogischer Sicht unverzichtbar.

Über die interdisziplinäre Exploration des Notwendigen einerseits und des Möglichen andererseits wurde im Chai-Projekt eine generisch inklusiv-naturwissenschaftliche Perspektive gewonnen, die letztlich drei Aspekte betrifft: die behandelbaren Inhalte, die notwendige pädagogische Haltung und eine zielführende Methodik. Aus Perspektive der Lehrkräfte sind damit die drei zentralen Dimensionen Professionellen Wissens (Kunter et al.,

2011) adressiert und es kann skizziert werden, was Lehrkräfte jeweils können und wissen müssen, um inklusiv naturwissenschaftlich zu unterrichten.

Chemielehrkräfte müssen ihr Fachwissen auf meist wenig beachtete, konstitutive Grundbestandteile ihres Faches fokussieren. Lehrkräfte der Sonderpädagogik müssen ein Verständnis der oben umrissenen Inhalte für sich erschließen bzw. reaktivieren. Aus pädagogisch-psychologischer Sicht müssen die Lehrkräfte einen diagnostischen Blick entwickeln, der inhaltspezifische Lernhemmnisse berücksichtigt. Weil ein *inklusive Blick* immer individuell sein muss, muss die Lehrkraft erkennen, welche Barrieren es für die Einzelnen beim Verstehen geben kann und welche Inhalte als nächstes zu vermitteln sind. Es geht also nicht ohne den entsprechenden Menschen, der seine Schüler*innen kennt und mit ihnen in Beziehung tritt, es geht aber auch nicht ohne ein entsprechendes fachliches Verständnis. Schließlich muss die Lernumgebung so vorbereitet sein, dass die Lehrkraft flexibel und mit Blick auf den Einzelnen jederzeit passende Unterstützungsmaßnahmen nutzen kann. Wie das Teilchen-Theater oder das Zoom-Booklet zeigen, vereinen geeignete Methoden Aspekte, welche die Perspektive von Fach und Sonderpädagogik kombinieren und für andere Fächer nicht gleichermaßen Anwendung finden können. Damit sind sie generisch inklusiv-chemische Methodenwerkzeuge und gehören zu einem inklusiv-chemiedidaktischen Wissen.

Inwiefern sich das Professionswissen von Lehrkräften im Rahmen dieser Methodik verändern kann, muss die weitere Forschung zeigen. Eine aktuelle Videographie-Studie untersucht den Zugewinn an Fachlichkeit von Schüler*innen beim Experimentieren.

Literaturverzeichnis

- Abels, S., Plotz, T., Koliander, B. & Heidinger, C. (2018). Berufliche Anforderungen im inklusiven Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen* (S. 210–213). GDGP.
- Aubusson, P., Fogwill, S., Barr, R. & Perkovic, L. (1993). What Happens When Students Do Simulation-role-play in Science? *Research in Science Education*, 27, 565–579.
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik – Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin: Springer.
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (2008). *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzeptes*. Münster: Waxmann.
- Feuser, G. (2013). Die „Kooperation am Gemeinsamen Gegenstand“ – ein Entwicklung induzierendes Lernen. In G. Feuser & J. Kutscher, *Entwicklung und Lernen* (7. Aufl., S. 282–293).
- Florian, L., & Linklater, H. (2010). Preparing teachers for inclusive education: using inclusive pedagogy to enhance teaching and learning for all. *Cambridge Journal of Education*, 40, 369–386.

- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Wiesbaden: Springer.
- Goschler, W. (2018). *Inklusive Didaktik in Theorie und Praxis. Lernwerkstattarbeit und mathematische Muster am gemeinsamen Gegenstand*. Würzburg University Press.
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 105–116). Berlin: Springer.
- Gut, C., Hild, P., Metzger, S. & Tardent, J. (2013). Projekt ExKoNawi: Modell für hands-on Assessments experimenteller Kompetenzen. In S. Bernholdt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (S. 171–174). GDGP.
- Heinen, N. (2003). Überlegungen zur Didaktik mit Menschen mit schwerer Behinderung. In A. Fröhlich, N. Heinen, & W. Lamers (Hrsg.), *Schulentwicklung – Gestaltungsräume in der Arbeit mit schwerbehinderten Schülerinnen und Schülern* (S. 121–143). Düsseldorf: Verlag Selbstbestimmtes Leben.
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentierbegriff der Fachdidaktik. *ZfjDN*, 21, 127–139.
- Johnstone, A. H. (1993). The Development of Chemistry Teaching. *Journal of Chemical Education*, 70, 701–705.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *ZfjDN*, 3, 3–18.
- Keune, H. (1963). *Grundriss der allgemeinen Methodik des Chemieunterrichts*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf [11.01.2021].
- Klafki, W. (1996). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. Weinheim: Beltz.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften*. Münster: Waxmann.
- Kutzer, R. (1998). *Mathematik entdecken und verstehen*. Moritz Diesterweg.
- Lamers, W. & Heinen, N. (2006). Bildung mit ForMat – Impulse für eine veränderte Unterrichtspraxis mit Schülerinnen und Schülern mit schwerer Behinderung. In D. Laubenstein, W. Lamers, & N. Heinen (Hrsg.), *Basale Stimulation: kritisch-konstruktiv* (S. 141–205). Düsseldorf: Verlag Selbstbestimmtes Leben.
- Lederman, N., Antink, A. & Bartos, S. (2014). Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry. *Science and Education*, 23, 285–302.
- Leontjev, A. N. (1980). *Probleme der Entwicklung des Psychischen*. Athenäum.
- McComas, W. F., Michael, P.-C. & Almazora, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In W. F. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education* (S. 3–39). Kluwer Academic Publishers.
- McSharry, G. & Jones, S. (2000). Role-play in science teaching and learning. *School Science Review*, 82, 73–82.
- Menthe, J. & Hoffmann, T. (2016). Inklusiver Chemieunterricht. Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann, & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe* (S. 351–360). Münster: Waxmann.

- Menthe, J. & Scheidel, J. H. (2015). Inklusiver Chemieunterricht – Herausforderungen und Lösungsansätze. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen* (S. 46–48). Kiel: IPN.
- Nawrath, D., Maisyenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60(6), 42–49.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Berlin: Springer Spektrum.
- Next Generation Science Standards: For States, By States, (2013). <https://www.nextgenscience.org/> [11.01.2021].
- Pekrun, R. (2006). The control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educational Psychological Review*, 18, 315–341.
- Ratz, C. (2011). *Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Fachorientierung und Inklusion als didaktische Herausforderung*. Athena.
- Ratz, C. (2017). Inklusive Didaktik für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In E. Fischer & C. Ratz (Hrsg.), *Inklusion. Chancen und Herausforderungen für Menschen mit geistiger Behinderung*. (S. 172–191). Zürich: Beltz Juventa.
- Reh, S. (2018). Fachlichkeit, Thematisierungszwang, Interaktionsrituale. *Zeitschrift für Pädagogik*, Beltz Juventa.
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E. & Köller, O. (2019). *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Riegert, J. & Musenberg, O. (2015). *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe*. Verlag W. Stuttgart: Kohlhammer.
- Schecker, H., Parchmann, I. & Starauschek, E. (2015). Fachlichkeit der Fachdidaktik – Standortbestimmung und Perspektiven. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik* (S. 25–28). GDPC.
- Scholz, M., Dechant, C., Dönges, C. & Risch, B. (2018). Naturwissenschaftliche Inhalte für Schülerinnen und Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen aufbereiten. *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 87, 318–335.
- Straßmeier, W. (2000). *Didaktik für den Unterricht mit geistigbehinderten Schülern*. München: Reinhardt UTB.
- Sumfleth, E. & Nakoinz, S. (2019). Chemie verstehen – beobachtbare makroskopische Phänomene auf submikroskopischer Ebene modellbasiert interpretieren. *ZfDN*, 25, 231–243.
- Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *ZfDN*, 16, 41–57.
- van Vorst, H., Fechner, S. & Sumfleth, E. (2017). Unterscheidung von Kontexten für den Chemieunterricht – Untersuchung des Einflusses möglicher Kontextmerkmale auf das situationalen Interesse im Fach Chemie. *ZfDN*, 24, 167–181.
- Weirauch, K., Lohwasser, K., Fenner, C. & Geidel, E. (2019). Chemie im Kontext weitergedacht – ein Diskussionsbeitrag. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 193–196). GDPC.
- Weirauch, K., Schenk, C., Ratz, C. & Reuter, C. (2020). *Chemie all-inclusive*. Institut für Sonderpädagogik.
- Weirauch, K., Schenk, C. & Ratz, C. (in Druck). *Experimentieren im inklusiven Chemieunterricht. Anleitungen und differenzierte Materialien zum Erkunden von Alltagsphänomenen*. Buxtehude: Persen Verlag.