

Zum Nacherfinden.
Materialien für Unterricht und Lehre

Schüler*innen werten selbstständig ein Experiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration (Osmose) aus

Binnendifferenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht
durch den Einsatz gestufter Lernhilfen

Holger Bekel-Kastrup^{1,*}, Philipp Hamers¹,
Svea Isabel Kleinert², Darius Haunhorst² & Matthias Wilde²

¹ Oberstufen-Kolleg an der Universität Bielefeld

² Universität Bielefeld

* Kontakt: Oberstufen-Kolleg Bielefeld,
Universitätsstr. 23, 33615 Bielefeld
holger.bekel@uni-bielefeld.de

Zusammenfassung: In dem Forschungsprojekt „Bielefelder Binnendifferenzierung in den MINT-Fächern“ (BiBi-MINT) am Oberstufen-Kolleg Bielefeld zur Verzahnung von Mathematikunterricht und Naturwissenschaftsunterricht mit gleichzeitigem Fokus auf die Binnendifferenzierung sind unter anderem gestufte Lernhilfen zur Auswertung eines Experimentes zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration entwickelt, angewendet und evaluiert worden. Sie sind dazu geeignet, Schüler*innen eigenverantwortlich die Auswertung und Interpretation des Experimentes durchführen zu lassen. Das Untersuchungsprinzip des Experimentes ist das Bestimmen der Masse von Gemüsestreifen vor und nach dem Einlegen in verschiedenen konzentrierten NaCl-Lösungen. Die Lernhilfen beinhalten dabei sowohl eine wiederholende Hinführung zur Bestimmung der relativen Massendifferenz als auch eine mathematische Auswertung und Bestimmung der Zellsaftkonzentration. Zur Interpretation werden Inhalte der biologischen Unterrichtsreihe zur Osmose vermittelt bzw. wiederholend bearbeitet.

Schlagwörter: Binnendifferenzierung, Biologieunterricht, Naturwissenschaftlicher Unterricht, gestufte Lernhilfen, Osmose, Zellsaftkonzentration, lineare Funktionen



1 Einleitung/Hinführung zum Material

Der naturwissenschaftliche Unterricht in der Oberstufe sollte wissenschaftspropädeutisch sein. D.h. unter anderem, dass Schüler*innen erlernen, selbstständig Experimente zu planen, auszuführen und auszuwerten. Dies ist der Kern des Basiskurses Naturwissenschaften am Oberstufen-Kolleg an der Universität Bielefeld (Hahn, Stockey & Wilde, 2011). Durch die heterogene Schülerschaft dieser und anderer Oberstufen wird das Problem aufgeworfen, dass die Schüler*innen sehr unterschiedliche Vorkenntnisse einerseits zu den theoretischen Hintergründen und andererseits zu den mathematischen Kompetenzen für die Auswertung von Daten aufweisen. Besonders durch die fehlenden mathematischen Kompetenzen wird dann schnell Biologieunterricht zur Mathematikwiederholung. Diese Probleme werden in diesem und in dem begleitenden Material zur selbstständigen Wiederholung von linearen Funktionen angegangen (Hamers, Bekel-Kastrup, Kleinert, Tegtmeier & Wilde, 2020). Im vorliegenden Material (siehe Online-Supplement: Basiskurs Naturwissenschaften: Hinweiskarten zur Auswertung des Osmose-Experiments) wird mit Hilfe von gestuften Lernhilfen ermöglicht, dass die Schüler*innen selbstständig je nach Leistungsstand binnendifferenziert die Auswertung zu einem Experiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration durchführen können.

Das Experiment behandelt den wichtigen Themenkomplex zum Verständnis von Diffusion und Osmose und zielt darauf ab, über die Bestimmung der Masse von Gemüsestreifen vor und nach dem Einlegen in unterschiedlich konzentrierten Salzlösungen die Zellsaftkonzentration zu bestimmen. Nachdem die Schüler*innen das Experiment durchgeführt haben, sollen die Daten schrittweise ausgewertet und interpretiert werden. Die gestuften Lernhilfen sind so aufgebaut, dass die Aufgabe in Teilaufgaben zerlegt wird und diese jeweils zweistufig mit Hilfen und Lösungen bearbeitet werden können (siehe Kap. 2).

Das Material kann sowohl im Biologie- oder Naturwissenschaftsunterricht als auch im Rahmen der Lehrer*innenbildung verwendet werden.

2 Didaktischer Kommentar

Die gestuften Lernhilfen werden im Oberstufen-Kolleg an der Universität Bielefeld im Rahmen eines fächerübergreifenden Basiskurses in den Naturwissenschaften mit den Fächern Geologie, Chemie, Physik und Biologie eingesetzt. Der Fokus dieses Kurses liegt dabei darauf, den Schüler*innen kompetenzorientiert das naturwissenschaftliche Arbeiten zu vermitteln. Dazu werden die Schüler*innen schrittweise an das eigenständige Experimentieren herangeführt. Das Oberstufen-Kolleg ist eine Versuchsschule des Landes Nordrhein-Westfalen, in die Schüler*innen aufgenommen werden können, die keinen Qualifikationsvermerk haben, d.h. formal für die gymnasiale Oberstufe nicht qualifiziert sind. Dies führt zu einer sehr heterogenen Schülerschaft. In der Einführungsphase werden darum in allen zentralen Fächern grundlegende Pflichtkurse (Basiskurse) angeboten, die diese Heterogenität adressieren und insbesondere schwächeren Schüler*innen den fachlichen Anschluss an die Oberstufe ermöglichen (Hahn, Stiller, Stockey & Wilde, 2013). Besonders im Bereich der eigenständigen Datenauswertung fiel dabei immer wieder auf, dass die Mathematikkompetenzen nicht ausreichen. Innerhalb eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes wurde dieses Problem auf zweierlei Weisen angegangen. Einerseits sollten die Inhalte bzw. Kompetenzen, welche in Mathematik und Biologie benötigt bzw. vermittelt werden, besser aufeinander abgestimmt werden. Dies führt dazu, dass vorher erlernte mathematische Kompetenzen, welche in Biologie benötigt werden, zur Verfügung stehen und dass in der Mathematik Methoden in einem sinnvollen Anwendungskontext stehen (Kleinert, Hamers, Bekel-Kastrup, Haunhorst, Tegtmeier & Wilde, 2020). Andererseits sollten binnendifferenzierende Maßnahmen darauf zielen,

die Schüler*innen abhängig von ihrem eigenen Leistungsstand beim eigenständigen Auswerten von Daten zu unterstützen.

Das Material kann sowohl im Rahmen einer experimentellen Reihe in der Zytologie im Biologieunterricht oder allgemein im Naturwissenschaftsunterricht zum Thema Osmose eingesetzt werden als auch im Rahmen der Lehrer*innenbildung als Beispiel für binnendifferenzierende Maßnahmen im wissenschaftspropädeutischen Unterricht. Sinnvollerweise sollte das Material für die genaue rechnerische Auswertung durch die parallel entwickelten gestuften Lernhilfen zu den linearen Funktionen (Hamers et al., 2020) ergänzt werden.

2.1 Inhaltliche Einbettung des Materials: Die Unterrichtseinheit „Osmose“ und das Experiment im Basiskurs Naturwissenschaften

Die gestuften Lernhilfen werden im Rahmen einer Unterrichtsreihe zum Verständnis des Themenkomplexes Diffusion und Osmose verwendet (Schumacher, Beyer-Sehlmeyer, Polte, Henrich, Stockey & Wilde, 2020). Den inhaltlichen Schwerpunkt der vorliegenden Unterrichtseinheit stellt die Thematik der Osmose dar. Osmose bedeutet die gerichtete Diffusion durch eine semipermeable Membran in Richtung der höher konzentrierten Lösung und bezieht sich im biologischen Kontext insbesondere auf die Diffusion durch die semipermeable Zellmembran. Innerhalb der Unterrichtsreihe werden diese Begriffe geklärt und die Osmose bereits handlungsorientiert innerhalb einer Reihe zur Zellbiologie qualitativ am Beispiel einer roten Zwiebelzelle unter dem Mikroskop betrachtet.

Ein Ziel der Unterrichtseinheit mit dem Schwerpunkt Osmose ist die Verdeutlichung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges von der Konzeption des Experimentes bis hin zur Auswertung der gewonnenen Messdaten. In Anlehnung an eine in der Lebenswelt der Schüler*innen bedeutsame Problemstellung, in diesem Fall das Platzen von Kirschen oder ein „schlapper“ Salat, sollen die Lernenden eine Fragestellung sowie falsifizierbare Hypothesen entwickeln. Ein Beispiel für eine solche Fragestellung könnte für das konkrete Experiment folgendermaßen formuliert werden: „Hängt die Veränderung von Pflanzengewebe von der Salzkonzentration des äußeren Mediums im Verhältnis zu der Zellsaftkonzentration ab und kann man über die Veränderung der Konzentration des Außenmediums die Zellsaftkonzentration bestimmen?“ In einer anschließenden Konzeptionsphase planen die Schüler*innen in Absprache mit den Lehrenden das Experiment zur Überprüfung der aufgestellten Hypothesen. Das Untersuchungsprinzip des Experimentes basiert auf der Bestimmung der Masse von Gemüsestreifen vor und nach dem Einlegen in unterschiedlich konzentrierten Salzlösungen. Die Durchführung des Experimentes erfolgt selbstständig durch die Schüler*innen (Versuchsanleitung siehe Online-Supplement).

Die gewonnenen Messdaten sollen im Anschluss selbstständig durch die Schüler*innen einer Datenauswertung unterzogen werden und zur quantitativen Bestimmung der Zellsaftkonzentration führen (Schumacher et al., 2020). Die übergreifende Aufgabe der gestuften Lernhilfen lautet: „Wertet die Daten aus und ermittelt als letzten Schritt die Zellsaftkonzentration des getesteten Gewebes!“

Diese komplexe Fragestellung wird zur Strukturierung des Arbeits- und Lernprozesses in sechs Teilaufgaben unterteilt. Diesen werden jeweils Lernhilfen zugeordnet (vgl. Online-Supplement & Kap. 3).

2.2 Methodischer Hinweis zum Einsatz der Lernhilfen: Basiskurs Naturwissenschaften

Als unmittelbare inhaltliche Vorarbeit der Auswertung sollten gemeinsam mit den Schüler*innen noch einmal die Fragestellung und die Hypothese des Osmose-Experimentes erörtert werden. Anschließend wird der daraus resultierende Auswertungsauftrag an die Tafel geschrieben:

„Wertet die Daten aus und ermittelt als letzten Schritt die Zellsaftkonzentration des getesteten Gewebes!“

Anschließend wird die Arbeitsweise mit den Lernhilfen erläutert.

Methodische Hinweise zur Arbeit mit den Lernhilfen:

Die Lehrkraft sollte die Schüler*innen auf folgende Punkte vor dem Einsatz der Lernhilfen aufmerksam machen:

1. Die Arbeit erfolgt in Partnerarbeit. Auch wenn die Lernhilfen eigentlich selbsterklärend sind, kann bei Unklarheiten die Lehrkraft gefragt werden.
2. Die gestuften Lernhilfen bestehen aus einem Reitersystem. Auf der zweiten Seite des Reitersystems befindet sich die Aufgabe (diese sollte von der Lehrkraft ebenfalls an die Tafel geschrieben werden). Dann erfolgen aufeinander aufbauende Lernhilfen. Dabei wird immer erst eine Hilfestellung gegeben und anschließend die Lösung.
3. Die Arbeit mit den Lernhilfen sollte so erfolgen, dass die Schüler*innen immer zuerst versuchen, selbst auf die Lösung zu kommen, und auch nach jedem genutzten Hinweis zunächst selbst weiterdenken. Natürlich können die Lösungen der Hinweise auch nur zur Kontrolle genutzt werden, wenn die Schüler*innen die Aufgabe bereits selbst gelöst haben. Wenn die Bearbeitung der zweiten Aufgabe beendet ist, wird als Reserve eine Zusatzaufgabe bearbeitet, die die Lehrkraft als Arbeitsblatt vorbereitet hat. Diese Zusatzaufgabe ist die Bearbeitung der Daten für die Zuckerrübe, welche zum Übergang in die Ökologie verwendet wird.
4. Wenn auch diese Aufgabe gelöst wurde, kann zum Beispiel die Lösung von der bzw. dem Schüler*in auf Papier mit der Dokumentenkamera später dem Kurs präsentiert werden und somit vorher vorbereitet werden.

3 Das Material

Die entwickelten gestuften Lernhilfen für die in Kapitel 2.1 beschriebene Unterrichtseinheit „Osmose“ fokussieren die Datenauswertung. Durch diese binnendifferenzierende Maßnahme soll insbesondere den zum Teil fehlenden bzw. mangelnden mathematischen Kompetenzen der Schüler*innen begegnet werden.

Dabei ist jede Lernhilfe nach einem identischen Muster aufgebaut. Dieses Muster ist dergestalt, dass die Aufgabe in Teilaufgaben zerlegt wird und diese jeweils zweistufig bearbeitet werden können. Die bereits oben genannte übergreifende Aufgabe der gestuften Lernhilfen lautet: „Wertet die Daten aus und ermittelt als letzten Schritt die Zellsaftkonzentration des getesteten Gewebes!“

Die einzelnen Teilaufgaben sind dabei:

1. Ermittlung der relativen Massendifferenz (Hinweise 1a & 1b).
2. Bestimmung der Mittelwerte für die Darstellung (Hinweise 2a & 2b).
3. Erstellen eines xy-Diagramms (Hinweis 3).
4. Lösen der Frage nach der Zellsaftkonzentration (Hinweise 4a & 4b).
5. Bestimmen der Ausgleichsgerade (Hinweis 5).
6. Bestimmen der Zellsaftkonzentration (Hinweis 6).

Die Zweistufigkeit der Lernhilfen besteht darin, dass den Schüler*innen zuerst eine Hilfe zum selbstständigen „Weiterdenken“ und Lösen der Teilaufgabe präsentiert wird. Sollte das nicht reichen oder wollen sich die Schüler*innen vergewissern, ob sie die Teilaufgabe richtig gelöst haben, werden im zweiten Schritt die Lösungen präsentiert. So kann

Schritt für Schritt die Aufgabe stufenweise je nach eigenem Leistungsstand bearbeitet werden.

Dabei kann die Angabe eines Hinweises bzw. einer Hilfe mit anschließender weiterführender Aufgabenstellung einerseits inhaltlicher Art sein, wie beispielsweise: „*Die Anfangsmasse ist der Bezugspunkt und wird deshalb als 100 % definiert. Entwickelt eine Formel, mit der ihr berechnen könnt, um wie viel Prozent die Endmasse von der Anfangsmasse abweicht.*“ Andererseits können die angeführten Hinweise in lernstrategischer bzw. methodischer Form formuliert und folgendermaßen angeführt werden: „*Erinnert Euch daran, wie Ihr bei Euren Zeugnissen die Notendurchschnitte berechnet habt, und übertragt dies auf die Berechnung des Mittelwertes.*“

Ziel der Lehrkraft sollte es dabei sein, dass die Lernenden zunächst eigenständig, d.h. ohne die Lösung der Aufgabe, den Arbeitsauftrag bearbeiten und die Hinweise als Anreize zum Weiterdenken ansehen. Die Lösungen zu den Arbeitsaufträgen werden auf der folgenden zweiten Karte einer jeden Lernhilfe angegeben, so dass sie nicht vorher einsehbar sind. Die Lösungskarten können somit ebenfalls als Kontrolle der von den Lernenden erarbeiteten Antworten verwendet werden.

4 Theoretischer Hintergrund

Das sinkende Interesse von Lernenden an Naturwissenschaften und Mathematik, das sich in den Ergebnissen aus PISA widerspiegelt, zieht die Forderungen der Autor*innen nach einer veränderten Unterrichtskultur nach sich (Schiepe-Tiska, Reiss, Obersteiner, Heine, Seidel & Prenzel, 2013). Insbesondere eine andere Aufgabenkultur sowie besser strukturierte Lern- und Arbeitsprozesse spielen für das Oberstufen Kolleg mit der heterogenen Schülerschaft eine wichtige Rolle, da aus dem teilweise geringen Vorwissen der Kollegiat*innen andernfalls eine Überforderung resultieren kann (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Die Adaption des Unterrichtsmaterials an den individuellen Kenntnisstand der Lernenden stellt somit eine Herausforderung für die Lehrkräfte dar. Um ebenfalls komplexe Fragestellungen bearbeiten zu können, bedarf es Unterstützungs- und Strukturierungsmaßnahmen für die Lernenden. Leisen (1999, 2003) entwickelte gestufte Lernhilfen für den naturwissenschaftlichen Unterricht, die eine solche Möglichkeit der Strukturierung von Lernaufgaben gewährleisten können. Gestufte Lernhilfen, so auch die des *Basiskurses Naturwissenschaften* (vgl. Kap. 3.1), bestehen aus einer Aufgabenstellung, die einen lebensweltlichen Bezug für die Lernenden aufweisen und den Problemlösekontext unterstützen sollen sowie den dazugehörigen lernstrategischen oder inhaltlichen Impulsen (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel, 2010). Es kommt somit zur Aktivierung des Vorwissens der Lernenden, ohne das Ergebnis der Aufgabe vorzugeben (Hänze et al., 2010). In einem zweiten Schritt können die Antworten in Form von inhaltlichen Erläuterungen von den Lernenden eingesehen werden (Hänze et al., 2010).

Neben der geforderten Strukturierung des Lernprozesses der Lernenden regen die Lernhilfen die Verbesserung des fachlichen Lernens an (Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008). Entsprechend der eigenen Kompetenzen und wahrgenommenen Schwierigkeiten können die Lernenden die Impulse der Lernhilfen in Anspruch nehmen, wenngleich die Bearbeitung der Aufgabe unter Rückgriff auf diese für leistungsstarke Lernende nicht verpflichtend ist (Hänze et al., 2010).

Darüber hinaus verdeutlichen Studien den Einfluss von gestuften Lernhilfen auf überfachliche Lernziele, wie beispielsweise die Förderung intrinsischer Motivation sowie den Kompetenzzuwachs. Der selbstständige Gebrauch der Lernhilfen resultiert insbesondere in einem gesteigerten Autonomie- und Kompetenzerleben der Lernenden, welche langfristig die fachbezogene Selbstwirksamkeit sowie das schulbezogene Selbstkonzept der Lernenden verbessern können (Hänze, Schmidt-Weigand & Blum, 2007; Hänze et al., 2010).

5 Erfahrungen

Die gestuften Lernhilfen des *Basiskurses Naturwissenschaften* wurden in einem ersten Durchgang formativ evaluiert. Diese Pilotierung wurde mit Schüler*innen der zwölften Jahrgangsstufe durchgeführt, die bereits im vergangenen Schuljahr an der beschriebenen Unterrichtseinheit zur Osmose teilgenommen hatten.

Die Kommentare und Anmerkungen der befragten Schüler*innen wurden im Anschluss zur Überarbeitung der gestuften Lernhilfen genutzt (Maak, Besa, Haunhorst & Wilde, 2019).

29 Lernende des Oberstufen-Kollegs aus der elften Jahrgangsstufe, die einen Basiskurs Naturwissenschaften besuchten, wurden gebeten, das adaptierte Unterrichtsmaterial dieses Basiskurses, welches im Rahmen der fächerübergreifenden Unterrichtssequenz aus den drei Elementen (Sequenz BaMat I (mathematische Vorbereitung) – Sequenz BaNa II (Durchführung und Auswertung eines Experiments) – Sequenz BaMat II (mathematische Anwendung)) umgesetzt wurde (vgl. Kleinert et al., 2020), mittels offener Fragen im Hinblick auf die subjektive Wirksamkeit zu bewerten. Erste Hinweise auf die Brauchbarkeit der Lernhilfen für den fächerübergreifenden Unterricht bieten bereits Maak et al. (2019). Die Befragung wurde im Rahmen des regulären Unterrichtes durchgeführt. Die offenen Fragen fokussierten hierbei die Gestaltung der einzelnen Lernhilfen sowie deren Implementierung im Unterricht. Auf diese Weise kann auf die wahrgenommene Wirksamkeit der Lernhilfen für die Lernenden geschlossen werden. Zudem wurden Möglichkeiten zur Verbesserung der Lernhilfen abgefragt. Die Antworten der Lernenden wurden kategorisiert.

Die Rückmeldungen zu den Stärken der Lernhilfen des Basiskurses Naturwissenschaften verdeutlichen, dass die Lernenden die gewählten Beispiele bzw. Kontexte sowie die beigegefügte textliche Erklärung als hilfreich wahrnehmen (vgl. Tab. 1). Diese positiven Aspekte der Gestaltung erweisen sich laut der befragten Lernenden als positiv für die Implementierung der gestuften Lernhilfen in den Unterricht. So beschreiben die Lernenden die Lernhilfen als Maßnahme zur Strukturierung ihres Lern- und Arbeitsprozesses im Basiskurs Naturwissenschaften. Als weitere Stärke des Einsatzes der Lernhilfen wurden die Erinnerungsanreize, die zur Aktivierung des Vorwissens führen, genannt (vgl. Tab. 1). Die Antworten der Lernenden zeigen zudem, dass die Lernhilfen eine hohe Interaktivität und das eigenständige Arbeiten im Basiskurs Naturwissenschaften gewährleisten.

Allerdings konnten aus den Rückmeldungen der Befragung ebenfalls Schwächen der gestuften Lernhilfen abgeleitet werden. Die als positiv von den Lernenden bewerteten textlichen Erklärungen wurden als zum Teil zu umfangreich eingestuft (vgl. Tab. 1). Somit stellt ein weiterer negativer Aspekt in der Gestaltung der Lernhilfen die zu geringe Anzahl von Abbildung für die Lernenden dar (vgl. Tab. 1). Für die Implementierung der gestuften Lernhilfen sehen die Lernenden den zusätzlichen Zeitaufwand als größte Schwäche. Zudem wirft die Verwendung der Lernhilfen gemäß der Rückmeldungen der Befragten weitere Fragen auf, sodass der zeitliche Umfang des Lernhilfen-Einsatzes wiederum erhöht wird. Aus diesen Gründen merkten die Lernenden an, dass das direkte Fragen der Lehrkraft bisweilen effektiver war (vgl. Tab. 1). Zusammenfassend scheinen die gestuften Lernhilfen als geeignete Unterstützung für den Basiskurs Naturwissenschaften wahrgenommen zu werden. Allerdings gibt es noch Optimierungspotenzial, um den unterrichtlichen Anforderungen noch besser gerecht zu werden und die Schwächen der Lernhilfen zu reduzieren.

Tabelle 1: Übersicht über die von den Lernenden angegebenen Stärken und Schwächen in der Gestaltung und Implementierung der gestuften Lernhilfen für den Basiskurs Naturwissenschaften (eigene Darstellung)

Stärken	Schwächen
<p>Gestaltung der Lernhilfen: Gute Beispiele, hilfreiche Kontexte, gute Erklärungen</p>	<p>Gestaltung der Lernhilfen: Zu viel zusätzlicher Text, zu wenige Abbildungen</p>
<p>Einsatz/Implementation im Unterricht: Strukturierung des Lern- und Arbeitsprozesses, gute Erinnerungsansätze, gute Interaktivität, ermöglicht das eigenständige Arbeiten</p>	<p>Probleme beim Einsatz im Unterricht: Aufwerfen weiterer Fragen, Fragen an die Lehrkraft u.U. effektiver, zusätzlicher Zeitaufwand</p>

Eine gewünschte Anpassung in der Gestaltung der Lernhilfen für den Basiskurs Naturwissenschaften stellt aus Sicht der Befragten die verstärkte Angabe von Beispielen bzw. Kontexten dar. Für die Implementierung in den Unterricht äußern die Lernenden vermehrt den Wunsch einer Gliederung der Karten zur besseren Übersicht und Orientierung während der Verwendung der Lernhilfen.

6 Ausblick

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts „Bielefelder Binnendifferenzierung in den MINT-Fächern“ (BiBi-MINT) am Oberstufen-Kolleg Bielefeld soll die Kritik der Schüler*innen und der Lehrkräfte für eine Verbesserung der Lernhilfen aufgenommen werden. Insbesondere ist geplant, die Lernhilfen zu digitalisieren, um so sowohl den Vorbereitungsaufwand der Lehrkräfte zu minimieren als auch die Schüler*innen schneller zu den für sie wesentlichen Hinweisen zu bringen.

Literatur und Internetquellen

- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F., & Blum, S. (2007). Mit gestuften Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht selbstständig lernen und arbeiten. In K. Rabenstein & S. Reh (Hrsg.), *Kooperatives und selbstständiges Arbeiten von Schülern. Zur Qualitätssicherung von Unterricht* (S. 197–208). Wiesbaden: VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90418-4_10
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F., & Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller & R. Lau (Hrsg.), *Pädagogik. Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxisbuch für Lehrer/innen* (S. 63–73). Weinheim et al.: Beltz.
- Hahn, S., Stiller, C., Stockey, A., & Wilde, M. (2013). Experimentierend zur naturwissenschaftlichen Grundbildung – Entwicklung und Evaluation eines kompetenzorientierten Kurses für die Eingangsphase der Oberstufe. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–15.
- Hahn, S., Stockey, A., & Wilde, M. (2011). Basiskurs Naturwissenschaften. *MNU (Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht)*, 64 (1), 47–52.
- Hamers, P., Bekel-Kastrup, H., Kleinert, S.I., Tegtmeier, N., & Wilde, M. (2020). Schüler*innen wiederholen selbstständig lineare Funktionen. Binnendifferenzierung im Mathematikunterricht durch gestufte Lernhilfen. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 2 (1), 17–22. <https://doi.org/10.4119/dimawe-3284>
- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery,

- Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kleinert, S.I., Hamers, P., Bekel-Kastrup, H., Haunhorst, D., Tegtmeier, N., & Wilde, M. (2020). Fächerübergreifender Unterricht zwischen den Basiskursen Naturwissenschaften und Mathematik. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 2 (1), 1–8. <https://doi.org/10.4119/dimawe-3282>
- Leisen, J. (1999). *Methoden-Handbuch Deutschsprachiger Fachunterricht DFU*. Bonn: Varus.
- Leisen, J. (2003). *Methoden-Handbuch Deutschsprachiger Fachunterricht DFU*. Bonn: Varus.
- Maak, A.-L., Besa, K.-S., Haunhorst, D., & Wilde, M. (2019). Gestufte Lernhilfen als Mittel der Binnendifferenzierung im fächerübergreifenden Unterricht. In H. Knauer & M. Reisinger (Hrsg.), *Individuelle Förderung im Unterricht und in der Schule* (S. 187–200). Münster & New York: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Reiss, K., Obersteiner, A., Heine, J.-H., Seidel, T., & Prenzel, M. (2013). Mathematikunterricht in Deutschland: Befunde aus PISA 2012. In M. Prenzel, O. Köller, E. Klieme & C. Sälzer (Hrsg.), *Pisa 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland* (S. 123–154). Münster et al.: Waxmann.
- Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G., & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? *Unterrichtswissenschaft*, 36 (4), 365–384.
- Schumacher, F., Beyer-Sehlmeyer, G., Henrich, S., Polte, S., Stockey, A., & Wilde, M. (2020, im Erscheinen). Osmotische Wirkung von Kochsalz – Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration bei verschiedenen Gemüsearten. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2), 97–106. <https://doi.org/10.4119/pflb-3307>

Beitragsinformationen

Zitationshinweis:

Bekel-Kastrup, H., Hamers, P., Kleinert, S.I., Haunhorst, D., & Wilde, M. (2020). Schüler*innen werten selbstständig ein Experiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration (Osmose) aus. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 2 (1), 9–16. <https://doi.org/10.4119/dimawe-3283>

Online-Supplement:

Basiskurs Naturwissenschaften: Hinweiskarten zur Auswertung des Osmose-Experiments

Online verfügbar: 11.02.2020

ISSN: 2629–5598



© Die Autor_innen 2020. Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>