

SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung; Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern

Roß, Joachim (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerk / collection

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

wbv Media GmbH & Co. KG

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Roß, J. (Hrsg.). (2020). *SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung; Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern* (Beiträge zur Schulentwicklung | PRAXIS). Bielefeld: wbv Media GmbH & Co. KG. <https://doi.org/10.3278/6004814w>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-SA Lizenz (Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-SA Licence (Attribution-ShareAlike). For more information see: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>



Beiträge zur Schulentwicklung | PRAXIS

Joachim Roß (Hrsg.)

SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung

Impulse zur Weiterentwicklung
des Unterrichts in den MINT-Fächern

SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung

Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern

Joachim Roß (Hrsg.)

Beiträge zur Schulentwicklung I PRAXIS

**herausgegeben von der Qualitäts- und UnterstützungsAgentur –
Landesinstitut für Schule des Landes Nordrhein-Westfalen**

(QUA-LiS NRW)

Joachim Roß (Hrsg.)

SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung

**Impulse zur Weiterentwicklung
des Unterrichts in den MINT-Fächern**



Beiträge zur Schulentwicklung

2020 wbv Publikation
ein Geschäftsbereich der
wbv Media GmbH & Co. KG, Bielefeld

Gesamtherstellung:
wbv Media, Bielefeld
wbv.de

Redaktion QUA-LiS: Hermann Meuser,
Peter Dobbelsstein, Ulrich Janzen, Dr.in
Veronika Manitius, Tanja Webs

Lektorat QUA-LiS: Henrieke Oppmann,
Luise Germann, Angelika Freund, Andrea
Pöpping

Umschlaggestaltung: Pleßmann Design,
Ascheberg

Abbildungen: QUA-LiS NRW

Coverfoto: istockphoto/yacobchuk

Bestell-Nr.: 6004814
ISBN: 978-3-7639-6229-7 (Print)
DOI: 10.3278/6004814w

Printed in Germany

Diese Publikation ist frei verfügbar zum Download unter
wbv-open-access.de

Diese Publikation mit Ausnahme des Coverfotos ist unter
folgender Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht:
creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de



Für alle in diesem Werk verwendeten Warennamen sowie
Firmen- und Markenbezeichnungen können Schutzrechte
bestehen, auch wenn diese nicht als solche gekennzeichnet
sind. Deren Verwendung in diesem Werk berechtigt
nicht zu der Annahme, dass diese frei verfügbar seien.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Inhalt

Vorwort	7
<i>Joachim Roß</i> Motivation durch kognitive Aktivierung	9
<i>Annett Veit, Katharina Jarczak, Klara Kolcov, Jeanette Fuhrmann, Johannes Gerdiken, Sebastian Kollhoff, Rudolf vom Hofe</i> Anteilsvorstellung als Grundlage der Bruchrechnung	15
<i>Michael Rüsing, Ellen Voigt, Holger Reeker</i> Mathematische Kompetenzförderung mit Blick auf ein WiMINT-Studium .	35
<i>Andreas Büchter, Susann Dreibold, Ulrich Hoffert</i> Diskussionsbeitrag zum Einstieg in das Prüfungsgespräch im zweiten Teil der mündlichen Abiturprüfung im Fach Mathematik	53
<i>Horst Kraus, Helmut Möhlenkamp, Sven Theis, Rainer Wackermann</i> Mit Lernaufgaben und Lernplänen Unterricht strukturieren	67
<i>Alexander Rother, Maik Walpuski</i> Vernetztes Lernen im Chemieunterricht	83
<i>Helena van Vorst, Elke Wolf</i> Einführung in das Ionenkonzept mit der Lernleiter	101
<i>Bettina Most, Petra Wlotzka</i> Chemie in heterogenen Lerngruppen sicher und schüleraktivierend unterrichten	117
<i>Andreas Bindl, Andreas Böhm, Gregor von Borstel, Manfred Eusterholz, David Weninger</i> Lernaufgaben für einen kompetenzorientierten Chemieunterricht in der gymnasialen Oberstufe	135
<i>Dagmar Friedrichs, Isabel Edeler</i> Plastizität des Gehirns und Lernen	153
<i>Sonja Janeck, Andreas Kaun, Hendric Kipp, Hans-Hermann Köster</i> Kompetenzorientierung im Fach Technik	173
<i>Stephanie Eidmann, Sonja Jestädt, Bettina Laaks</i> Das Niedrigenergiehaus	183
<i>Annemarie Berendes, Silke Röwekamp</i> „Mikrocontroller omnipräsent“ – Schülerinnen und Schüler setzen sich mit einer Grundkomponente unserer technischen Welt auseinander	195
<i>Andreas Pallack, Thomas Schulte</i> Der Raspberry Pi im Unterricht	207

Vorwort

Die Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule (QUA-LiS NRW) ist die zentrale Einrichtung für pädagogische Dienstleistungen im Geschäftsbereich des Ministeriums für Schule und Bildung in Nordrhein-Westfalen. Kern der Arbeit ist es, die Schulen und Einrichtungen der gemeinwohlorientierten Weiterbildung des Landes bei der Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung systematisch zu unterstützen. Dies geschieht für die Schulen des Landes u. a. durch die Entwicklung von Kernlehr- und Bildungsplänen, die Bereitstellung von Aufgaben für die zentralen Prüfungen, durch die Qualifizierung und Professionalisierung der Lehrerfortbildung und des Leitungspersonals, aber auch durch die Unterstützung in bildungspolitisch aktuellen Handlungsfeldern wie z. B. der inklusiven Bildung in der Schule, das gemeinsame längere Lernen im Ganztage oder der interkulturellen Schulentwicklung. Bei allen Angeboten ist es der QUA-LiS NRW ein wichtiges Anliegen, den Schulen für die herausfordernden Prozesse der Schul- und Unterrichtsentwicklung die entsprechenden Unterstützungsangebote bereitzustellen.

Einen Beitrag dazu stellt die Publikationsreihe „Beiträge zur Schulentwicklung“ dar. Dieses Publikationsformat greift zum einen aktuelle fachliche, unterrichtsfachliche und fachdidaktische Diskurse auf und stellt diese interessierten Leserinnen und Lesern für die Diskussion zur Verfügung. Zum anderen richtet sich das Publikationsformat unter dem Label „PRAXIS“ gezielt an die schulischen Akteure vor Ort und bietet Schülerinnen und Schülern, Lehrerinnen und Lehrern, Eltern und Erziehungsberechtigten konkrete Unterstützungsmaterialien für die Anwendung in Schule und Unterricht an.

Mit dem vorliegenden Band werden praxiserprobte Materialien und Ergebnisse vorgestellt, die in der sechsten Phase des SINUS-Projekts entwickelt wurden. Die einzelnen Projektbeiträge unterstützen Kolleginnen und Kollegen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen und informatisch-technischen Fächern bei der Planung und Gestaltung eines Unterrichts, der die Heterogenität der Lernenden in den Blick nimmt und individuelle Lernprozesse ermöglicht. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf einem handlungsorientierten und zugleich kognitiv aktivierenden Unterricht, der Lernchancen auf unterschiedlichen Niveaustufen eröffnet – gemeinsame Zielrichtung aller Teilprojekte ist ein am Verstehen orientierter differenzierender Unterricht.

Mit der Reihe „Beiträge zur Schulentwicklung PRAXIS“ möchte die QUA-LiS NRW für alle Akteure in Schule und Weiterbildung ein weiteres Unterstützungsangebot für die vielfältigen und herausfordernden Gestaltungsprozesse im Bildungsbereich bereitstellen.

Eugen L. Egyptien

Direktor der Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule (QUA-LiS NRW)

Motivation durch kognitive Aktivierung

JOACHIM ROß

SINUS ist ein Projekt zur Steigerung der Effizienz des Unterrichts der MINT-Fächer¹. Es wurde ursprünglich von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung initiiert und wird seit Ende 2007 vom Land Nordrhein-Westfalen fortgeführt. SINUS.NRW ist ein Kooperationsprojekt des Ministeriums für Schule und Bildung sowie der Qualitäts- und Unterstützungsagentur – Landesinstitut für Schule. Die aktuell auslaufende sechste Projektphase baut in Mathematik und Naturwissenschaften auf bisherigen Erfahrungen und Ergebnissen auf, bezieht erstmals auch die Fächer Informatik und Technik ein und leistet einen Beitrag zur Unterrichtsentwicklung in den MINT-Fächern. SINUS.NRW orientiert sich an Handlungsfeldern der Schulpolitik und verbindet Schulpraxis mit Ansätzen und Konzepten aus Wissenschaft und Unterrichtsforschung.

Unsere moderne Welt ist durch naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen sowie eine weitgehende Mathematisierung wirtschaftlicher und technischer Prozesse geprägt. Nicht zuletzt deshalb wird eine fundierte Bildung in den MINT-Fächern immer wichtiger. Die Palette der Berufsfelder, in denen entsprechende Kenntnisse benötigt werden, erweitert sich ständig. Aber auch für eine gesellschaftliche Teilhabe an Entscheidungen, die Innovationen und Zukunftsfragen betreffen, sind MINT-Kompetenzen unverzichtbar. Sie bilden eine wichtige Grundlage, um Zusammenhänge zu verstehen und auf dieser Basis Wissen und Können in unterschiedlichen Situationen überlegt und bewusst einsetzen zu können.

Aktuelle Bildung findet im Kontext der Digitalisierung statt, die alle Bereiche unseres Lebens durchdringt. Der Umgang mit digitalen Werkzeugen und Medien bildet für Schülerinnen und Schüler einen festen Bestandteil ihres Lebens. Es gilt, damit verbundene Potenziale und Lernchancen zu nutzen, aber auch, sich in dieser digitalen Welt selbstbewusst zurechtzufinden, zu behaupten und Entwicklungen mitzugestalten. Dass hier Initiative über die Arbeiten in den SINUS-Projekten hinaus notwendig ist, wurde erneut durch die Ergebnisse der ICILS-Studie dokumentiert (Eickelmann et al., 2019).

Noch deutlicher wurde dies, als wegen der Corona-Pandemie der Präsenzunterricht im zweiten Halbjahr 2019/2020 bis zu den Sommerferien nur teilweise erfolgen konnte. In dieser Zeit meldete Innove, das estländische Kompetenzzentrum für Bildung: „Schulgebäude sind geschlossen, aber das Lehren und Lernen muss fortgesetzt werden“² und gab neben einer Reihe von Anregungen insbesondere den Hinweis, die Organisation von regelmäßigem Feedback zwischen Lernenden und Lehrenden, aber auch zwischen Eltern und Lehrenden als vordringliche Frage zu klären. Auch in Nordrhein-Westfalen haben die Schulen diese plötzlich eingetretenen Herausforderungen im Kontext der Corona-Pandemie mit Engagement gemeistert und gezeigt, wie das Lernen auf

1 MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften (Biologie, Chemie und Physik) sowie Technik.

2 Vgl. Innove: „Kallid õpetajad, koolimajad on suletud, kuid õpetamine ja õppimine peab jätkuma.“ <https://www.innove.ee/blogi/info-nouanded-ja-materjalid-opetajatele-distantsope-korraldamiseks/> [06.07.2020].

Distanz möglichst gut gelingen und wie es mit dem Präsenzunterricht organisatorisch und didaktisch sinnvoll verknüpft werden kann.

In den Artikeln dieser Handreichung werden digitale Werkzeuge und Medien vielfältig eingesetzt, aber nicht als einziges Medium vorausgesetzt. Alle entstandenen Materialien sind frei zugänglich; sie können und sollen für den Unterricht verwendet und entsprechend an spezifische Ausgangslagen angepasst werden.³

Die Sicht der MINT-Fächer auf eine Welt, die sich durch rationales Denken und Orientierung an Fakten auszeichnet, kann hier besondere Grundlagen schaffen. Die vorgestellten Anregungen aus den Projekten sollen zu einer Stärkung handlungsorientierter Kompetenzen im MINT-Bereich beitragen. Durch einen nicht ausschließlich an fachlichen Gegenständen orientierten Unterricht kann es gelingen, sowohl die kulturelle Bedeutung im Sinne eines vernetzten Denkens als auch die fachliche Bedeutung zu erfassen. Fachwissenschaftliche Arbeitsweisen kennenzulernen, anzuwenden und ggf. zu beurteilen ist weiteres Ziel der Projekte. „Nachhaltig lernen – bewusst handeln“ lautete daher auch das Motto des für den 18.03.2020 geplanten und aufgrund der Pandemie leider abgesagten Kongresses des SINUS-Projekts in der sechsten Phase. Dabei steht „nachhaltiges Lernen“ u. a. auch dafür, dass Grundbegriffe, Vorstellungen sowie fachliche Zusammenhänge verstanden und damit langfristig angelegt und handlungswirksam werden. Nachhaltiges Denken und Handeln gelingt aber nicht alleine durch einen eng am Fach orientierten Unterricht: Vernetzte Projekte über einzelne Fächer hinaus können hier eine Chance darstellen. Die Artikel dieser Handreichung geben Impulse für innovative Konzepte, die einen kognitiv aktivierenden Unterricht ermöglichen und dadurch zugleich einen motivierenden Einfluss auf die Lernenden haben. Alle Konzepte und Materialien wurden von Lehrpersonen über einen Zeitraum von drei Jahren entwickelt und im Projektverlauf auf ihre Praxistauglichkeit überprüft. Auch zwischen den Projekten fand ein reger Diskurs über die Konzepte statt, der durch Impulse aus der Wissenschaft bereichert wurde.

Mit dem Projekt SINUS.NRW wurde eine Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Schulen und Bildungsadministration etabliert, mit der es gelingt, Forschungswissen an beteiligten Schulen einzubinden und Unterricht darauf aufbauend weiterzuentwickeln, aber auch umgekehrt Forschungsvorhaben anzuregen oder Impulse für Vorhaben zu setzen. In der aktuellen Projektphase wurde die Verzahnung von Arbeitsgruppen mit Wissenschaftlern aus der Fachdidaktik weiter aufgebaut und als regelmäßige Beratung, teilweise sogar als Begleitung der SINUS-Arbeitsgruppen, gezielt gefördert. Im Rahmen qualitätssichernder Maßnahmen wurde zudem darauf Wert gelegt, dass alle Arbeitsgruppen durch Wissenschaft und Bildungsadministration, aber auch durch nicht an SINUS beteiligte Lehrkräfte und Fachleitungen der Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung (ZfsL) ein konstruktiv kritisches Feedback erfahren durften.

Die nun vorliegenden Ergebnisse der sechsten SINUS-Phase fließen, z. T. gestützt durch den Arbeitsbereich 7 der QUA-LiS, in die Konzeption von fachlichen Fortbildungen für alle Lehrkräfte des Landes ein:

3 www.sinus.nrw.de.

Mathematik

Im Artikel „Anteilsvorstellung als Grundlage der Bruchrechnung“ wird ausgehend von bestehenden Konzepten zur Einführung der Bruchzahlen ein Ansatz vorgestellt, mit dem tragfähige Grundvorstellungen von Bruchzahlen insbesondere in heterogenen Lerngruppen aufgebaut werden können. Die Ausprägung der erworbenen Kompetenzen wird individuell durch den gezielten Einsatz von Methoden zum schnellen Feedback überprüft. Dieser Ansatz wurde in Kursen mit einer ausgeprägten Heterogenität erarbeitet, ausprobiert und wissenschaftlich begleitet.

Differenzierender Mathematikunterricht sollte Anreize für Schülerinnen und Schüler bieten, vertiefte Kompetenzen zu entwickeln, die auch mit Blick auf ein mathematikaffines Studium von besonderer Bedeutung sind. Der Artikel „Mathematische Kompetenzförderung mit Blick auf ein WiMINT-Studium“ (Wirtschaft und MINT) nennt begründet inhaltliche Bereiche, in denen es sich besonders anbietet vertieft zu arbeiten, und gibt konkrete Anregungen, diese im Mathematikunterricht umzusetzen.

Die Kernlehrpläne für die gymnasiale Oberstufe sind seit 2014 kompetenzorientiert formuliert. Anregungen und Unterrichtsideen für einen kompetenzorientierten Mathematikunterricht, der Lernende zugleich auch auf das Abitur vorbereitet, gibt es z. B. auf den Seiten der QUA-LiS im Lehrplannavigator⁴. In dem Diskussionsbeitrag „Einstieg in das Prüfungsgespräch im zweiten Teil der mündlichen Abiturprüfung im Fach Mathematik“ wird dargestellt, wie mit offeneren Fragestellungen das Prüfungsgespräch, dem zweiten Teil der mündlichen Prüfungen, eingeleitet werden kann und es werden Anregungen gegeben, wie der Unterricht darauf vorbereiten kann. Grundlegend ist dabei die Idee, auch in Prüfungen eigenständige Lösungswege anzuregen und zugleich angemessene Beurteilungssituationen zu schaffen.

Naturwissenschaften

Gleich zwei Projektgruppen stellen in dem gemeinsamen Artikel „Mit Lernaufgaben und Lernplänen Unterricht strukturieren“ ein Konzept vor, das das Lehr-Lern-Modell von Leisen und die Basismodelle von Oser verknüpft. Mit diesem Konzept gelingt es, Lernaufgaben zu entwickeln, die den Lernprozess strukturieren und Lernziele sowie den Arbeitsprozess für Lernende transparent gestalten. In dem Artikel werden Beispiele aus dem Unterricht aller naturwissenschaftlichen Fächer dargestellt.

In den Naturwissenschaften führte die Frage „Was müssen Schülerinnen und Schüler eigentlich verstehen, um grundlegende Einsichten in die Chemie zu erhalten?“ bereits in der vorangegangenen Projektphase zu einer „Landkarte des Lernens“ im Chemieunterricht. Im Artikel „Vernetztes Lernen im Chemieunterricht“ werden mithilfe der im Projekt weiterentwickelten Strukturierungs-Map schrittweise die wesentlichen Ideen der Chemie dargestellt und in eine lernlogische Reihenfolge gebracht. Die ebenfalls im Projekt entwickelten Diagnoseaufgaben geben den Lehrenden Hinweise, welche wesentlichen Kernideen vertiefend oder wiederholend aufgegriffen werden müssen, um als Basis für verstehendes Lernen genutzt zu werden und darauf aufbauend für sachlogische Argumentationen zu dienen.

⁴ <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/index.html> [05.08.2020].

In dem Artikel „Einführung in das Ionenkonzept mit der Lernleiter“ wird anhand des Konzepts zur Strukturierung von Lehr- und Lernprozessen eine Unterrichtseinheit zum Thema „Ionen und Salze“ vorgestellt. Mit diesem Konzept werden Kompetenzen im Bereich „Umgang mit Fachwissen“ aufgebaut. Die Lernenden machen sich systematisch mit dem Umgang mit Modellen im Chemieunterricht vertraut, d. h., sie lernen Modelle zu nutzen, zu beurteilen und ggf. weiterzuentwickeln. Typische Schülervorstellungen werden aufgegriffen, die zugrunde liegende Vorstellung reflektiert und daraus Modelle zur Verdeutlichung submikroskopischer Zusammenhänge abgeleitet.

„Chemie in heterogenen Lerngruppen sicher und schüleraktivierend unterrichten“ ist der Titel des Artikels, der Anregungen für einen Unterricht in heterogenen Lerngruppen von Schülerinnen und Schülern mit festgestelltem sonderpädagogischen Förderbedarf bis hin zu sehr leistungsstarken Lernenden bietet. Eine Voraussetzung für den Kompetenzerwerb auf unterschiedlichen Niveaustufen ist, dass im Unterricht alle Schülerinnen und Schüler kognitiv aktiviert mitarbeiten. Schwerpunkte des Beitrags sind eine Lernumgebung zur Stofftrennung sowie die in jedem Halbjahr zu leistende Sicherheitsbelehrung für Lernende.

Schließlich wird das chemische Gleichgewicht im Artikel „Lernaufgaben für einen kompetenzorientierten Chemieunterricht in der gymnasialen Oberstufe“ betrachtet. Sorgfältig aufgestellte und erprobte Lernaufgaben zum chemischen Gleichgewicht unterstützen einen differenzierenden Chemieunterricht. Didaktisch-methodische Erläuterungen ergänzen die Lern- genauso wie Klausuraufgaben, Übungen, Diagnosetools und Feedback-Instrumente. Die Materialien dieser Projektgruppe eignen sich, Unterricht im Wechsel aus Präsenz- und Distanzphasen zu organisieren.

Der Artikel „Plastizität des Gehirns und Lernen“ greift aus dem Inhaltsfeld Neurobiologie den inhaltlichen Schwerpunkt „Plastizität und Lernen“ des Kernlehrplans Biologie für die gymnasiale Oberstufe auf. Im Kontext des Neuroenhancement wird dargestellt, wie bildgebende neurobiologische Verfahren, Neuroplastizität, Aspekte der Modellbildung und der Wissenschaftspropädeutik im Unterricht behandelt und dabei alle vier Kompetenzfacetten berücksichtigt werden können. Lernbegleitend und -organisierend wird eine BrainMap-Vorlage vorgestellt, sodass die Schülerinnen und Schüler weitgehend selbstständig z. B. auch in Präsenz- und Distanzphasen ihren Lernprozess gestalten können.

Technik

Der Technikunterricht gestaltet sich häufig projektorientiert. Im Artikel „Kompetenzorientierung im Fach Technik“ wird ein Unterrichtskonzept vorgestellt, das die gezielte Kompetenzentwicklung in den Blick nimmt. Am Beispiel einer kompetenzorientierten Unterrichtsreihe wird illustriert, wie bereits im Anfangsunterricht u. a. durch transparente Kriterien für gelungene Projektarbeit, aber auch durch geeignete Phasen der Reflexion der Projektarbeitsphasen mit daraus resultierenden Anregungen für eine Verbesserung der weiteren Arbeit Kompetenzen aus dem Bereich Technik zielgerichtet aufgebaut werden können. In der Durchführung durch die Lehrerinnen und Lehrer konnte beobachtet werden, dass diese Form des Technikunterrichts zudem die Begeisterung der Schülerinnen und Schüler für das Fach fördert.

Im Artikel „Das Niedrigenergiehaus“⁵ werden grundlegende Entscheidungen für einen kompetenzorientierten Technikunterricht dargelegt. Arbeitsmaterialien und Arbeitsaufträge sind direkt im Unterricht verwendbar. Die ergänzenden Kommentare und Hinweise für die Lehrkräfte erlauben es, die Idee der Kompetenzorientierung auf andere Vorhaben zu übertragen.

Informatik

Zwei Projekte befassten sich mit der Weiterentwicklung eines kompetenzorientierten Informatikunterrichts im Wahlpflichtbereich der Sekundarstufe I. Die Ergebnisse werden in den Artikeln „Der Raspberry PI im Unterricht“ sowie „Microcontroller omnipräsent“ vorgestellt. Während im ersten Projekt mit der Raspberry PI gearbeitet und frühzeitig der Wechsel auf eine formale Sprache angeregt wird, kommen im zweiten Projekt Arduino-Boards zum Einsatz, um Grundlagen des informatisch-technischen Arbeitens in Schülerprojekten sichtbar zu machen.

Literatur

- Deutsche UNESCO-Kommission (2020). *Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Verfügbar unter <https://www.unesco.de/bildung/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung> [06.07.2020].
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.) (2019). *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster: Waxmann.

5 Vgl. Beispiel für einen schulinternen Lehrplan Gymnasium – Sekundarstufe I, Wahlpflichtfach Informatik, https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GY19/wpif/g9_wpif_silp_2020_01_31.docx [05.08.2020].

Anteilsvorstellung als Grundlage der Bruchrechnung

Unterrichtsreihe mit Forscherheft für den 5. Jahrgang

ANNETT VEIT, KATHARINA JARCZAK, KLARA KOLCOV, JEANETTE FUHRMANN,
JOHANNES GERDIKEN, SEBASTIAN KOLLHOFF, RUDOLF VOM HOFE

Bruchrechnung spielt eine tragende Rolle in Alltag und Beruf. Dennoch sind gerade in diesem Themenbereich große Wissenslücken, nicht tragfähige Vorstellungen und mangelhafte Fertigkeiten im Umgang mit Bruchzahlen und in der Bruchrechnung festzustellen. Woran kann es liegen, dass die Bruchrechnung den Schülerinnen und Schülern so große Schwierigkeiten bereitet?

Ausgehend von bestehenden Ansätzen zur Einführung von Bruchzahlen wird im Rahmen dieses Artikels eine Unterrichtsreihe und deren Erprobung vorgestellt, die sich an Handlungen zur Begriffsbildung orientiert und einen fachlich-aufbauenden Unterrichtsgang abbildet. Sie greift Methoden des schnellen Feedbacks¹ auf, um die sich bei den Lernenden aufbauenden Vorstellungen zu Bruchzahlen und zu mathematischen Operationen mit Bruchzahlen zu erfassen und, wenn notwendig, nicht tragfähige Vorstellungen frühzeitig im Rahmen des Unterrichts in tragfähige Grundvorstellungen zu überführen.

Das im Projekt entwickelte Forscherheft „Eine Reise in die Welt der Brüche“ bildet den Gang der Unterrichtsreihe ab, bietet den Lernenden viele Gelegenheiten zum mündlichen Austausch und zum bewussten Wechsel der Darstellungsebene sowie auch die Möglichkeit zum selbstständigen Arbeiten. Zugleich können sie Zusammenhänge entdecken und den Überblick behalten, welche Ziele erreicht wurden und welche Schritte folgen werden.

Im Forscherheft werden alle notwendigen (normativen) Grundvorstellungen fachlich aufbauend aufgegriffen, sodass das Konzept der Bruchzahlen, das Verfeinern und Vergrößern sowie erste Rechenoperationen handelnd anschaulich und zunehmend abstrahierend angelegt werden können. Dabei bildet die sprachliche Umsetzung ebenfalls einen wesentlichen Baustein zur Begriffsbildung.

In Kooperation mit der Universität Bielefeld wurden Pre- und Posttests entwickelt und eingesetzt, um die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler im Blick zu halten und die Unterrichtsreihe für eine weitere Umsetzung erneut zu überarbeiten.

1 Ausgangslage und grundlegende Projektüberlegungen

Bruch- und Anteilsvorstellungen sind ein zentrales Konzept für das Bildungsziel eines mathematisch mündigen Bürgers. Im Schulalltag stellen viele Lehrkräfte fest, dass die Grundvorstellungen zu Bruchzahlen und der Bruchrechnung häufig nicht vollständig angelegt wurden. Diesen Eindruck stützen

¹ Dies wird häufig auch als „Fast-Feedback“ bezeichnet und kann auch digitalisiert eingefordert werden, vgl. z. B. Beling (2019).

Ergebnisse von Vergleichsarbeiten im Jahrgang 8 der am Projekt beteiligten Schulen sowie die landesweiten Ergebnisse aus der Zentralen Prüfung 10 (vgl. z. B. MSW, 2013; QUA-LiS NRW, 2015).

Obwohl gerade für die Einführung der Bruchzahlen vielfältige Wege, Anregungen und Vorhaben bekannt sind, ist auffällig, dass am Ende der Schulzeit die individuellen Grundvorstellungen zu Bruchzahlen und zur Bruchrechnung oftmals nicht tragfähig sind. Dies ist bereits nach einer relativ kurzen Zeit, erst recht aber in den Jahrgangsstufen 9 und 10 feststellbar: Die Handlungszusammenhänge (z. B. das Schneiden von Tortenstücken) können nicht mehr in Bezug gesetzt werden zum Kalkül oder Vorstellungen zu Bruchzahlen sind gar nicht erst aufgebaut worden (vgl. Abschnitt 2: Didaktisch-konzeptionelle Grundlagen). Die mangelnde Festigung der Vorstellungen zur Bruchrechnung liegt vor allem an einem frühzeitigen Wechsel zum abstrakten kalkülhaften Rechnen bzw. an einer mangelnden Vernetzung kalkülhafter Operationen mit anschaulichen Handlungen.

Auf Grundlage dieser Beobachtungen, gestützt durch wissenschaftliche Expertise seitens der Arbeitsgruppe von Prof. Rudolf vom Hofe zusammen mit Sebastian Kollhoff (Universität Bielefeld) und Anregungen seitens der QUA-LiS, wurde im Rahmen dieses Projekts eine Unterrichtsreihe entwickelt, durchgeführt und fachwissenschaftlich begleitet. Im Rahmen der Evaluation konnte überprüft werden, ob und inwieweit die intendierten Ziele bei den Schülerinnen und Schülern erreicht wurden. Daraus wurden Änderungen an der erstellten Unterrichtsreihe abgeleitet.

Kompetenzerwartungen der Kernlehrpläne

Ausgehend von diesen Überlegungen wurden die in den Kernlehrplänen der Hauptschule (MSW, 2011), Realschule (MSJK, 2004b) und Gesamtschule für das Fach Mathematik (MSJK, 2004a) genannten Kompetenzerwartungen im Rahmen dieses Projekts fachsystematisch analysiert und darauf aufbauend eine Unterrichtsreihe entwickelt, die Wege zur Stärkung des inhaltlichen Denkens aufzeigt.² Durch Aufgreifen verschiedenster Aspekte zum Verstehen des Bruchzahlkonzepts (vgl. z. B. Padberg & Wartha, 2017) und durch die vielfältige Gestaltung der Lernmaterialien (Bruder & Reibold, 2010) sollen unterschiedliche Zugangsweisen, Denkstile und Problemstellungen eröffnet werden. Differenzierte Arbeitsaufträge und die Verbalisierung von Handlungsmustern bilden zudem einen wesentlichen Bestandteil des Unterrichts. Die Schülerinnen und Schüler sollen Zeit haben, sich mit den neuen Inhalten, Begriffen und Vorstellungen vertraut zu machen, das neue Denkobjekt „Bruchzahl“ mit inhaltlichen Denkweisen zu verknüpfen und es soll ein Raum geschaffen werden, in dem sie mathematische Handlungserfahrungen verinnerlichen können.

Wie bereits Prediger (2009) feststellte, gehen auch die in den Schulen der SINUS-Gruppe genutzten Lehrwerke vorschnell zu den denkentlastenden Kalkülen über. Um die fehlende Anschauung und Verbalisierung zu berücksichtigen und sich zugleich an der Fachsystematik zu orientieren, lag die Entscheidung auf der Nutzung derjenigen Inhalte und Aufgaben, die handelnde Operationen mit Rechenoperationen verknüpfen und einen Schwerpunkt auf ikonisch-anschaulichen Begründungen haben.

² Die entsprechenden Kompetenzerwartungen des „Kernlehrplan für die Sekundarstufe I, Gymnasium in Nordrhein-Westfalen“ im Fach Mathematik (MSB, 2019) können mit den vorgestellten Materialien ebenfalls erreicht werden.

Konzept, Materialgrundlage und Zusatzmaterialien

Als eine wesentliche Konsequenz der Lehrwerkanalyse entstand das Arbeitsheft „Eine Reise in die Welt der Brüche“, im Folgenden auch als „Forscherheft“ bezeichnet. Dazu wurden zunächst Auszüge aus verschiedenen Lehrwerken gesichtet und deren Eignung mit Blick auf die Unterrichtsreihe kritisch geprüft. Anschließend wurden geeignete Aufgaben entwickelt und durch eigene Illustrationen, Handlungs-, Gesprächs- sowie Schreibanlässe angereichert. Für den Unterricht wurden die im Forscherheft benannten Gegenstände im Sinne eines handlungsorientierten Unterrichts mitgebracht und standen allen Lernenden zur Verfügung. Z. T. verblieben diese ebenso wie entstandene Lernplakate im Klassenraum für alle sichtbar.

Das Arbeitsheft bietet zudem leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, anspruchsvollere, vertiefende und weiterführende Aufgaben zu bearbeiten. Diese sind mit einem Bonbon-Symbol gekennzeichnet. Für zielfähiger zu unterrichtende Kinder wurde zusätzlich auf typische Materialien und ggf. weiteres handelndes Material zurückgegriffen. Diese und weitere prinzipielle Anregungen zu einem inklusiven Fachunterricht werden in diesem Artikel nicht weiter dargestellt, auch wenn sie bei der Durchführung im Unterricht ebenfalls eine wesentliche Rolle eingenommen haben.³

Die Vorteile eines solchen einheitlichen Arbeitshefts im unterrichtlichen Einsatz bestehen darin, dass dieses eine hohe Wertigkeit für Schülerinnen und Schüler besitzt, sich motivationssteigernd auswirkt und sie ihre Lösungen und Gedanken zeitökonomisch und einem roten Faden folgend notieren können. Für die unterrichtenden Kolleginnen und Kollegen ergibt sich insbesondere ein arbeitsökonomischer Vorteil, da nicht in Eigenarbeit Materialien aus unterschiedlichen Lehrwerken zusammengetragen werden müssen. Das Sichten der Bearbeitungen im Arbeitsheft während der Durchführung der Unterrichtsreihe ermöglicht zudem eine schnelle Diagnostik bezüglich des Wissensstands der Schülerinnen und Schüler während des Lernprozesses.

Begleitend zum Arbeitsheft wurde in Form des Mini-Whiteboards auf eine Methode zum Fast-Feedback zurückgegriffen (vgl. Hoffkamp, 2018, S. 26). Diese Mini-Whiteboards werden durch ein laminiertes weißes DIN-A4-Blatt hergestellt. Die Rückseite wurde – in Ergänzung zu Hoffkamps Mini-Whiteboard – in eine rote und eine grüne Hälfte unterteilt. Die Lernenden können auf der weißen Seite ihre Lösungen z. B. in Form von Zahlenergebnissen und Zeichnungen mit Whiteboard-Markern bzw. Folienstiften notieren und für die Lehrkraft sichtbar hochhalten. Die zweifarbige Rückseite kann im Zusammenhang mit Wahr-Falsch-Aussagen genutzt werden. Indem alle Lernenden gleichzeitig ihre Lösungen bzw. Einschätzungen zeigen, wird eine hohe Schüleraktivität erreicht. In dem anschließenden Unterrichtsgespräch erhalten die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit, ihre Lösungen zu präsentieren, zu diskutieren, zu begründen und zu bewerten, gekoppelt mit einem hohen Maß an kognitiver Aktivierung. Durch die direkte Rückmeldung sehen Lehrkräfte „wo die Kinder tatsächlich stehen – und [...] umgekehrt [wird] den Kindern [gezeigt], dass wir als Lehrkraft auch sehen wollen, was sie schon können und was noch zu tun ist“ (Hoffkamp, 2018, S. 29). Dieses Einholen von Rückmeldungen verknüpft mit verbalen Beschreibungen und fachlichen Begründungen zum

³ Anregungen dazu sind dargestellt z.B. auf den Seiten der QUA-LiS: inklusiver Fachunterricht, <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusive-fachunterricht/zum-fach-mathematik/index.html> [28.06.2020] oder im Projekt PIK-AS: Mathe inklusive, <https://pikas-mi.dzlm.de/> [28.06.2020].

Herstellungshandeln bietet durch regelmäßige Feedbackrunden (beispielsweise einmal pro Woche) der Lehrkraft auch eine diagnostische Komponente.

Entwicklung und Einsatz von Testinstrumenten

Die objektivierte Beobachtung des Lernzuwachs sollte auf die wesentlichen Bereiche fokussieren. Die Entwicklung angemessener Tests und Fragebögen ist jedoch nicht ohne entsprechenden Hintergrund möglich. Daher wurden aussagekräftige Fragebögen sowie empirisch haltbare Messinstrumente zusammen mit der Arbeitsgruppe von Prof. vom Hofe (Universität Bielefeld) passend zu der geplanten Unterrichtsreihe in Form eines Pre- und eines Posttests entwickelt. Der Pretest erfasst Vorkenntnisse und relevante Vorstellungen. Mit dem Ziel der Dokumentation der Kompetenzentwicklung der Lernenden wurde für das Ende der Unterrichtseinheit ein Posttest entwickelt und durchgeführt. Dieser enthält zum einen zum Pretest parallele Anker-Items, die mit geänderten Zahlenwerten bestimmten Items aus dem Pretest gleichen. Über die Auswertung dieser Anker-Items und den Vergleich der Ergebnisse im Pre- und Posttest können Kompetenzentwicklungen beschrieben werden. Zum anderen enthält der Posttest zusätzliche Items, die die Kompetenzerwartungen zum Ende der Unterrichtseinheit und darüber hinaus abbilden.

Die am Projekt beteiligten Schulen wurden zusätzlich teilweise von Studierenden im Rahmen ihrer Bachelorarbeit an der Universität Bielefeld begleitet. Sie führten mit ausgewählten Schülerinnen und Schülern Interviews durch, um so detaillierte Informationen über deren Vorstellungen und Lösungsstrategien zu erhalten.

2 Didaktisch-konzeptionelle Grundlagen

Grundschüler kommen mit einer individuellen Vorstellung von Brüchen in die weiterführenden Schulen, sie beziehen sich in der Regel auf Alltagsgegenstände und Zeitangaben. In der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler muss nun die normative Grundvorstellung „Bruchzahl als Teil eines gleichmäßig unterteilten Ganzen“ als Herstellungshandlung angelegt werden (Kollhoff, 2020). Es lässt sich immer wieder feststellen, dass in den späteren Jahrgängen die individuelle Grundvorstellung mit der normativen Grundvorstellung nicht hinreichend übereinstimmt. Die tragfähigen mentalen Modelle mathematischer Inhalte, wobei mathematisches Denken und Handeln mit einer Vorstellung verbunden sind und somit diese Vorstellung im Langzeitgedächtnis gespeichert und abgerufen werden kann, sollten ausgebaut werden.

Unterrichtsideen von Hoffkamp & Kaliski (2017) zur Aufarbeitung von lückenhaften Anteilsvorstellungen in Jahrgang 7 führten zu der Überlegung, wie derartige Defizite im Anfangsunterricht der Sekundarstufe I vermieden werden können. Als ein weittragendes Konzept benennt Frau Prof. Hoffkamp den Bruchstreifen: Dieser soll so nachhaltig in den Unterricht der Einführungsphase implementiert werden, dass man auch in folgenden Jahrgängen auf ihn zurückgreifen kann. Hoffkamp wie auch Prediger & Fußmann (2014), sehen die Vorteile des Bruchstreifens darin, dass gerade schwächere Lernende eine feste Bezugsdarstellung brauchen und über eine längere Zeit mit diesem operieren und üben können. Das Zugänglich-Machen mit gleichzeitiger Erweiterbarkeit, wie z. B. beim Einführen vom Kürzen und Erweitern, um Brüche zu vergleichen und somit durch ihre selbst eingezeichnete Einteilung des Strei-

fens zu vergrößern oder zu verfeinern, bietet eine weitreichende Darstellungsform. Die Anknüpfung des Bruchstreifens an den Zahlenstrahl und die daraus folgende Ordnung von Brüchen sowie die spätere Überführung vom Bruchstreifen zum Prozentstreifen bieten vielfältige Möglichkeiten.



Abbildung 1: Bruchstreifen

Grundsätzlich ist es sinnvoll von der Handlung zum abstrakten, am Kalkül orientierten Rechnen zu gelangen. Der frühzeitige Übergang ohne mentale Modelle ist jedoch zu überdenken:

Deswegen kommt es nicht nur auf die Qualität des Zugangs an, sondern auch darauf, die Vorstellungsorientierung weiter aufrecht zu erhalten, nicht statt Kalkül, aber immer wieder in Ergänzung dazu. (Prediger, 2009, S. 172)

In den Jahrgangsstufen 5 und 6 stellt diese feste Bezugsdarstellung bei der Einführung in die Bruchrechnung nur einen Aspekt zum Aufbau von der Grundvorstellung dar. Für die nachfolgenden Jahrgangsstufen müssen die Schülerinnen und Schüler aber mentale Handlungsmuster für tragfähige Grundvorstellungen der Bruchzahlen entwickeln. Die Ausprägung von individuellen, tragfähigen Grundvorstellungen hängt vom Umfang der entsprechenden Handlungserfahrungen und von der Häufigkeit ihrer Aktivierung ab.

Lernprobleme beim Umgang mit Brüchen

Der Umgang mit Bruchzahlen und das Rechnen mit Brüchen stellt Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe I häufig vor eine große Herausforderung. Die Erweiterung des Zahlbereichs der natürlichen Zahlen zu den rationalen Zahlen erfordert von den Lernenden die Anpassung einer Vielzahl von vertrauten Vorstellungen von Zahlen und Rechenoperationen.

Der veränderte Umgang mit Zahlen führt bei vielen Lernenden dazu, dass das Auswendiglernen von Regeln und Prozeduren an die Stelle des mathematisch-inhaltlichen Verständnisaufbaus tritt. Die Nachhaltigkeit dieser auswendig gelernten Regeln ist jedoch begrenzt: Bereits nach kurzer Zeit und Beschäftigung mit anderen Inhalten können viele Lernende sich an diese Regeln nicht mehr erinnern, verwechseln sie oder wenden sie fehlerhaft an.

Die Schwierigkeiten der Lernenden im Umgang mit der Bruchrechnung sind über viele Jahre in einer Vielzahl empirischer Studien ausführlich dokumentiert. Sie lassen sich in folgenden Aspekten zusammenfassen (vgl. Wartha, 2007, S. 236 f.):

- Die Lernenden orientieren sich an Brüchen aus dem Alltag (z. B. $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$). Zu Brüchen, die in einem alltäglichen Kontext unüblich sind, werden keine Vorstellungen aufgebaut.
- Es werden falsche Rechenoperationen zur Bildung von Anteilen genutzt (z. B. Subtraktion oder Division statt Multiplikation).
- Eigenschaften der natürlichen Zahlen werden übergeneralisiert auf die Bruchzahlen übertragen. Dies betrifft insbesondere die Dichte und die Ordnung von Bruchzahlen.

- Die Lernenden versuchen das Rechnen mit Brüchen zu vermeiden und entwickeln Ausweichstrategien, die in vielen Fällen falsch sind oder den Lösungsprozess einer Aufgabe erschweren.
- Die Lernenden wenden subjektive und sachlich falsche Regeln an, um ein Ergebnis in einem plausiblen Größenbereich zu erhalten.

Diese Befunde decken sich weitgehend mit den Ergebnissen nationaler und internationaler Studien. Die Ähnlichkeit der auftretenden typischen Fehlertypen (zur Übersicht siehe Eichelmann, Narciss, Schnaubert & Melis, 2012) zeigt auf, dass es sich hierbei um „domänenspezifische Schwierigkeitsfaktoren“ (Reinhold, 2019, S.41) handelt, die charakteristisch für das Lerngebiet Bruchrechnung sind und unabhängig vom Alter der Lernenden und den jeweiligen curricularen Voraussetzungen auftreten können.

Dabei lassen sich eine Vielzahl von Fehlern nachweisen, die typisch für den Umgang mit Brüchen sind, z. B. komponentenweises Addieren von Zählern und Nennern bei der Addition von Bruchzahlen. Detailanalysen zeigen jedoch, dass die entscheidende Ursache für einen fehlerhaften Umgang mit Brüchen nicht in mangelnder Rechenfähigkeit, sondern in einem unzureichenden Verständnis des Bruchzahlbegriffs selbst liegt: Selbst mehrere Wochen nach der Einführung von Brüchen bezeichnen viele Schülerinnen und Schüler $\frac{3}{8}$ nicht als „Drei Achtel“, sondern als „Drei Strich Acht“, was ersichtlich macht, dass die Lernenden nach wie vor die durch einen Strich getrennten natürlichen Zahlen im Zähler und Nenner fokussieren und die Bedeutung des Bruchs als neues mathematisches Objekt noch nicht verinnerlicht haben. Mit anderen Worten: Es fehlen tragfähige Grundvorstellungen von Brüchen. Ohne diese ist der Bruch $\frac{3}{8}$ ein Zahlenausdruck, mit dem kalkuliert werden kann, dessen Sinn jedoch diffus und unklar bleibt.

Grundvorstellungen zu Brüchen

Bei der Ausbildung von Grundvorstellungen des Bruchzahlbegriffs gibt es zwei wesentliche Probleme:

- die unbewusste Übertragung von Gesetzmäßigkeiten der natürlichen Zahlen auf Brüche, was z. B. dazu führt, dass der Lernende $\frac{1}{5}$ für kleiner als $\frac{1}{8}$ hält, weil ja 5 kleiner als 8 ist,
- die unzureichende Ausbildung neuer Grundvorstellungen zu Brüchen, die den Lernenden Sinn und Bedeutung dieser neuen mathematischen Objekte verleihen.

Von den neu aufzubauenden Grundvorstellungen zu Brüchen gibt es zwei von fundamentaler Bedeutung, mit denen sich nahezu alle Anwendungskontexte von Brüchen erschließen lassen: die eher statische Vorstellung „Bruch als Anteil“ und die dynamische Vorstellung „Bruch als Operator“.

Die Grundvorstellung Bruch als Anteil stellt die Relation zwischen einem Teil und einem konkreten Ganzen her. Eine $\frac{3}{4}$ Pizza bedeutet: Eine Pizza wird in vier gleich große Teile geteilt und drei Teile davon werden betrachtet. Die Anteilsvorstellung beschreibt einen Bruch als einen Zustand, z. B. als Größe, Maßzahl, Teil eines oder mehrerer Ganzer.

Im Gegensatz dazu beschreibt die Grundvorstellung Bruch als Operator den Bruch als eine Funktion, die z. B. eine Größe „100 €“ mittels der Operation

„ $\frac{3}{4}$ von“ auf die dadurch anteilmäßig gebildete Größe „75 €“ abbildet. Auch hier kann man sich vorstellen, dass 100 € in vier gleichwertige Teile zu je 25 € geteilt werden, von denen drei Teile (75 €) betrachtet werden. Insofern sind die Grundvorstellungen „Bruch als Anteil“ und „Bruch als Operator“ verwandt. Der Unterschied liegt hingegen darin, dass die Operatorvorstellung eher die Operation „ $\frac{3}{4}$ von“ betont, die Anteilsvorstellung dagegen den Zustand „ $\frac{3}{4}$ “, den man als Folge dieser Operation erhält.

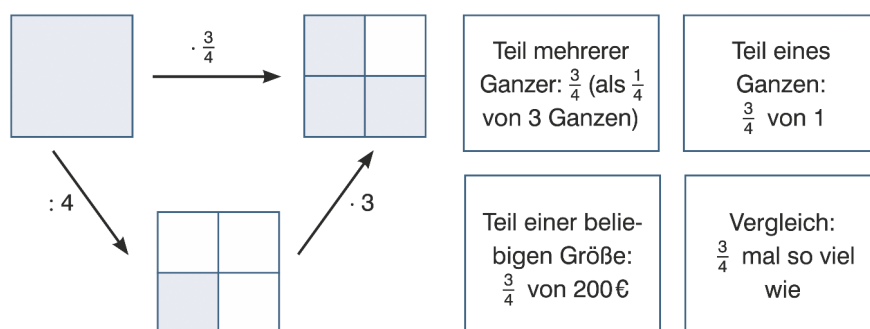


Abbildung 2: Pfeildiagramm zur Herstellung von $\frac{3}{4}$ (links) und Grundvorstellungen für Brüche (rechts) (entnommen aus Kollhoff, 2020, S. 7)

Abbildung 2 stellt links die Operatorvorstellung dar, die die Herstellungshandlung eines Bruches beschreibt. Die rechte Seite zeigt unterschiedliche Aspekte der Anteilsvorstellung. Diese beiden Grundvorstellungen stehen im Zentrum eines verständigen Umgangs mit Brüchen. Sie ermöglichen das flexible Übersetzen zwischen Darstellungsebenen und somit zwischen symbolischen Ausdrücken und anschaulichen Darstellungen. Dies gilt nicht nur für das Übersetzen zwischen Symbolen (Zahlen, Zahlwort) und bildlich-gegenständlichen Zahlrepräsentationen, sondern auch für Übersetzungen zwischen unterschiedlichen bildlich-gegenständlichen Repräsentationen.

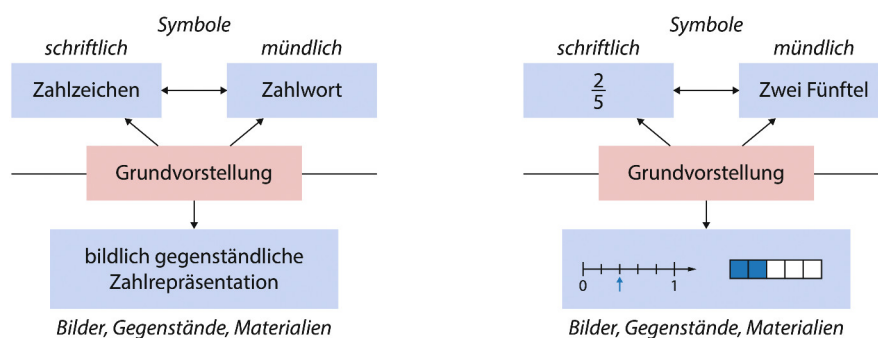


Abbildung 3: Übersetzungsbeziehungen nach Padberg & Wartha (2017, S.1)

Padberg & Wartha (2017) veranschaulichen diese Übersetzungsbeziehungen im Einzelnen (Abbildung 3). Soll z. B. der Bruch $\frac{2}{5}$ an einem vorgegebenen Rechteck veranschaulicht werden, so sind für den Repräsentationswechsel die Grundvorstellung von $\frac{2}{5}$ als Anteil sowie die Grundvorstellung vom Bruch $\frac{2}{5}$ als Operator entsprechend der Herstellungshandlung erforderlich. Auch in der Gegenrichtung sind für die Übersetzung eines Anteils im Rechteck in eine symbolische Notation die gleichen Grundvorstellungen nötig. Insgesamt stellt der Wechsel zwischen verschiedenen Darstellungen und Repräsentationen einen

Kernaspekt der Ausbildung von tragfähigen Grundvorstellungen von Brüchen dar.

Konsequenzen für die Umsetzung im Unterricht

In Einzelfällen mag es durchaus möglich sein, dass Lernende ein geordnetes und tragfähiges System von Grundvorstellungen ausbilden, ohne dass ihre Lehrkräfte oder sie selbst jemals bewusst darüber nachgedacht hätten. Im Allgemeinen ist die mangelnde Ausbildung von Grundvorstellungen und die Entwicklung von Fehlvorstellungen jedoch ein ernsthaftes Problem, das Defizite in der Mathematisierungs- und Modellierungsfähigkeit zur Folge hat.

Eine wichtige Voraussetzung für eine Verbesserung ist es daher, dass sich Lehrende dieser Probleme bewusst sind und im Unterricht nicht nur formale Begriffe, Techniken und Verfahren vermitteln, sondern auch die Bedeutungen, die erforderlich sind, um diese Inhalte mit Leben zu füllen und anwenden zu können. Dabei sind insbesondere folgende Unterrichtsentscheidungen wichtig:

- Die Einführung neuer Begriffe sollte mit Darstellungen und Kontexten verbunden werden, in denen die wichtigen Grundvorstellungen zum Tragen kommen; dies gilt insbesondere für die Grundvorstellungen „Bruch als Anteil“ und „Bruch als Operator“.
- Das Ausbilden von Grundvorstellungen ist keine Sache von einer Unterrichtsstunde, sondern ein längerer Prozess. Grundlage dafür ist mathematisches Handeln; hier: der handelnde Umgang mit Gegenständen und Bildern, die Brüche repräsentieren, sowie die oben genannten Übersetzungsprozesse.
- Diese Phase des Aufbaus von Grundvorstellung sollte nicht durch eine zu frühe Einführung der Rechenverfahren und ihrer Regeln überlagert werden. Letzteres sollte später erfolgen, wenn die wichtigen Vorstellungen gefestigt sind. Sinnvoll ist z. B. eine erste Unterrichtssequenz in Klasse 5, in der über vielfältige Handlungserfahrungen Grundvorstellungen aufgebaut werden, und eine Behandlung der rechnerischen Grundlagen in Klasse 6.

3 Die Unterrichtsreihe

Unter Berücksichtigung der zuvor dargestellten didaktisch-konzeptionellen Grundlagen und verschiedener unterrichtspraxisorientierter Literatur soll der nachfolgende Überblick Anregungen für die Unterrichtspraxis geben. Dies geschieht jeweils in Anlehnung an das Forscherheft.

Bei der Planung wurde zusätzlich darauf geachtet, dass der Zeitrahmen kompatibel mit den bestehenden schulinternen Curricula bleibt und nicht andere Bereiche der Mathematik vernachlässigt werden. Daher ist die dargestellte Unterrichtsreihe auf einen Zeitraum von insgesamt fünf Wochen in der Jahrgangsstufe 5 angelegt. In diesem Artikel wird ausschließlich zu den Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans für die Gesamtschule – Sekundarstufe I Bezug genommen, die Unterrichtsreihe bedient aber auch die entsprechenden Kompetenzerwartungen der Kernlehrpläne der anderen Schulformen.

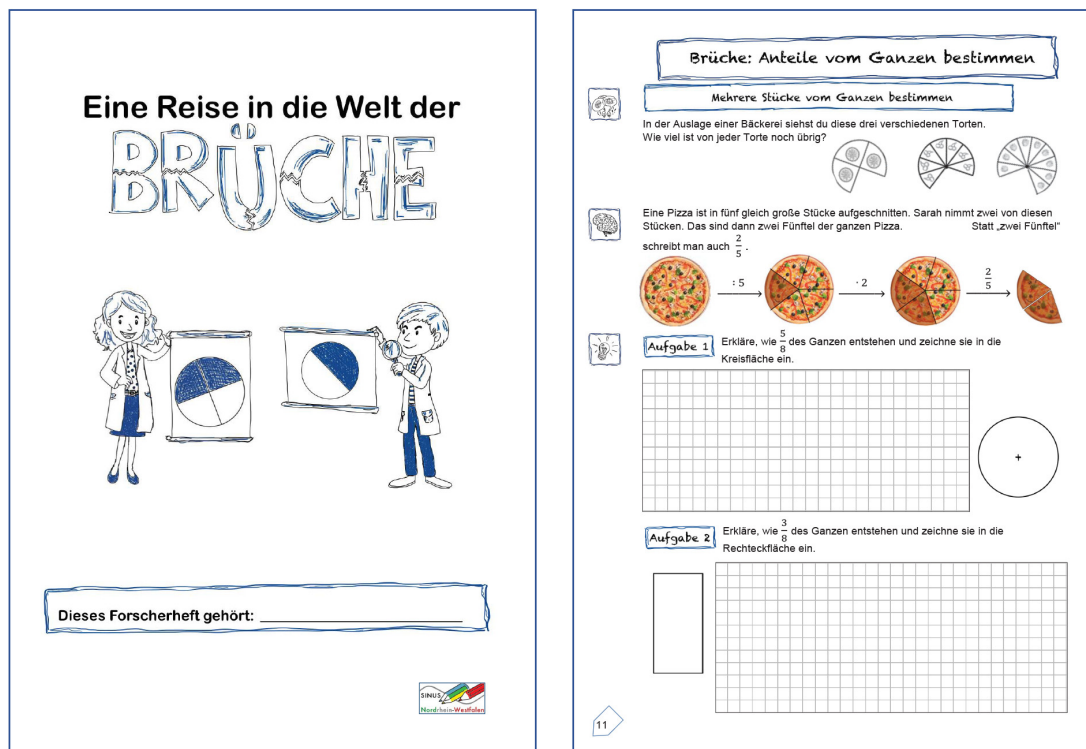


Abbildung 4: Deckblatt und ein Ausschnitt von S. 14 des Forscherhefts

Überblick über die Unterrichtsreihe

Da das Forscherheft (vgl. Abbildung 4) eng mit dem eigentlichen Unterricht und der Reihenplanung verwoben wurde, ist die Darstellung der Schwerpunkte der im Forscherheft dargestellten Aspekte in Bezug zu den Kompetenzerwartungen sinnvoller als die Darstellung einzelner Stunden.

Bestimmung von Bruchteilen – Aspekt des gerechten Teilens (FH S. 1–3)

Der Bruchbegriff wird einleitend unter dem Aspekt „Gerechtes Verteilen“ gefasst. Hierzu liegt der Fokus zunächst auf der sprachlichen Entwicklung der Bruchvorstellung als Teil eines Ganzen: Die Lernenden teilen in Alltagskontexten ein Ganzes jeweils in unterschiedlich viele, aber immer gleich große Teile auf (FH S. 1, A1, A2). Hierbei argumentieren die Schülerinnen und Schüler dahingehend mit Alltagswissen (MSJK, 2004a, S. 18)⁴, dass ein gerechtes Aufteilen bei Alltagsgegenständen nur bedingt möglich ist.

Brüche als Teile eines Ganzen – Anteile über Stammbrüche (FH S. 4–10)

Nachdem der Bruchbegriff zunächst in natürlicher Sprache angelegt wurde, soll der Übersetzungsschritt in die symbolische und formale Sprache geschehen (MSJK, 2004a, S. 20)⁵. Über das praktische Falten eines DIN-A4-Blattes wird das bisherige Anteilsverständnis zunächst reaktiviert und auf rechteckige Formen eines Ganzen übertragen (FH S. 4). Im Anschluss besteht am Beispiel von Kreis und Rechteck als Darstellungsformen des Ganzen Gelegenheit, Vorstellungen des Stammbruches zu vertiefen, zwischen den Darstellungsformen zu wechseln und Beziehungsmuster der Darstellungsformen zu erkennen. Durch die Vielzahl der Aufgabenbeispiele soll die Notwendigkeit der Zahlenbe-

4 Vgl. K1 – mathematisch Argumentieren (KMK, 2004, S. 13).

5 Vgl. K5 – mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen (KMK, 2004, S. 15).

reichserweiterung angelegt werden (MSJK, 2004a, S. 20)⁶, bevor die mathematische Bruchschreibweise für den Stammbruch eingeführt wird (FH S. 12; symbolisch sowie mit den zugehörigen Begrifflichkeiten Bruch, Zähler, Nenner, Anteil, Ganzes). Es soll deutlich werden, dass ein Anteil sowohl von der Feinheit der Unterteilung als auch von der Größe des Ganzen abhängt. Die Anteilsvorstellung wird um die Erkenntnis erweitert, dass die Angabe eines Anteils nur sinnvoll ist, wenn man die Größe des Ganzen berücksichtigt.

Anteile von einem Ganzen bestimmen – echte Brüche (FH S. 11–18)

Verschiedene Anzahlen gleich großer Stücke eines Ganzen werden betrachtet. Dies mündet formal in den Begriff „echter Bruch“. Die Rolle des Zählers und Nenners in der symbolischen Bruchschreibweise soll insbesondere durch sprachliche Erfassung weitergehend konkretisiert werden (FH S. 14).

Gleichwertige Teile – Idee des Verfeinerns und Vergrößerns (FH S. 27–30)

Unter dem Aspekt des Vergrößerns bzw. Verfeinerns wird das Ganze in eine gröbere bzw. feinere Unterteilung überführt. Hierbei wird anschaulich deutlich, dass die Stücke beim Vergrößern des Ganzen zwar größer werden, der Anteil jedoch gleichbleibt (ikonische Vorstellung des Kürzens) bzw. das Ganze und damit auch die Stücke gleichmäßig verfeinert werden (ikonische Vorstellung des Erweiterns).

Gleichwertige Teile am Bruchstreifen (FH S. 31–34)

Nach dem Verfeinern und Vergrößern an verschiedenen Repräsentanten geht es nun darum, sich auf den Bruchstreifen als besonders tragfähigen Repräsentanten zu konzentrieren. Hier sollte Zeit für Darstellungswechsel (ikonisch-formal-sprachlich) eingeplant werden. Der Bruchstreifen kann vielfältig in weiteren Jahrgangsstufen aufgegriffen werden, z. B. als Prozentstreifen (mit doppelter Beschriftung) und sogar dahingehend, den Übergang vom prozentualen Wachstum zur funktionalen Darstellung des kontinuierlichen Wachstums im Rahmen der Exponentialfunktion zu motivieren.

Brüche vergleichen (FH S. 35–37)

Um dem Vorgehen entgegenzuwirken, stets Gleichheit der Nenner anzustreben, sodass der Zählervergleich den Bruchvergleich ersetzt, werden Bruchzahlen und Anteile auf der ikonischen Ebene verglichen. Die Streifentafel mit unterschiedlichen Bruchstreifen gleicher Länge ermöglicht den Vergleich echter Brüche, indem man lediglich die den Bruch repräsentierende, markierte Streifenlänge in den Blick nimmt. Darüber hinaus kann der Zählervergleich gegebenenfalls ökonomischer als die Herbeiführung gleicher Nenner sein.

Verfeinern und Vergrößern: Kürzen und Erweitern (FH S. 38–42)

Durch die anschauliche, intuitive Vorstellung des Erweiterns, die aus der Idee des Vergrößerns bzw. Verfeinerns entstanden ist (s. o.), kann eine klare Abgrenzung zur Multiplikation (bzw. Division) stattfinden, indem das Erweitern nicht bloß als Vervielfachung und damit als algebraische Operation bezogen auf den Zähler aufgefasst wird, sondern als Operation, die sich auf den ganzen Bruch bezieht.

⁶ Vgl. K4 – mathematische Darstellungen verwenden (KMK, 2004, S. 15) bzw. L1 – Leitidee Zahl (KMK, 2004, S. 10).

Aufbauend auf tragfähigen Schülervorstellungen zum Verfeinern und Vergrößern (s. o.), wird das kalkülhafte Erweitern und Kürzen klassisch als Multiplikation von Zähler und Nenner mit der gleichen Zahl bzw. als Division von Zähler und Nenner durch die gleiche Zahl eingeführt (möglichst erst in Jahrgangsstufe 6).

Brüche am Zahlenstrahl (FH S. 43–44)

In Anlehnung an die Einführung der Dezimalzahlen in der 6. Jahrgangsstufe erscheint thematisch die Ordnung der Brüche am Zahlenstrahl als sinnvolle inhaltliche Verknüpfung. Zu den im Arbeitsheft angebotenen Seiten zur Ordnung der Brüche am Zahlenstrahl liegen jedoch praktisch keine Unterrichtserfahrungen vor, da dieser Inhalt in den beteiligten Schulen erst in Jahrgang 6 thematisiert wird.

Ergänzend zu der Unterrichtsreihe und dem Forscherheft wurden auch verschiedene Formen der Leistungsüberprüfung in dem Projekt entwickelt. Eine Auswahl z. T. mit Analysen wird auf den Internetseiten des Projekts zum Herunterladen angeboten.

Mini-Whiteboards – Diagnose und Anregung

Um ein diagnostisches Feedback von den Schülerinnen und Schülern einzuholen und somit den Fortgang des Kompetenzerwerbs einzuschätzen, bietet sich die zuvor beschriebene Verwendung der Mini-Whiteboards an. Mit diesen können Lehrkräfte zusätzlich zu der Einsicht der Bearbeitungen im Forscherheft auch kurzfristig ein Feedback zum aktuellen Unterricht von der gesamten Lerngruppe erhalten. Die Aufforderung: „Stelle den Bruch $\frac{3}{8}$ zeichnerisch dar!“ gibt einen Einblick, ob diese Anteilsvorstellung sicher ausgebildet ist, welche Darstellung in der Lerngruppe dominiert und ob noch fehlerhafte Vorstellungen vorliegen.




Abbildung 5: Lösungen von Lernenden mit Mini-Whiteboards zur Aufgabe: „Stelle den Anteil $\frac{3}{8}$ zeichnerisch dar“ und der nach der Reflexion ergänzten Aufforderung, den gleichen Anteil in einer anderen Darstellung erneut abzubilden

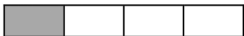
Oftmals können Lernende lediglich eine einzige Darstellungsform abrufen und nutzen. Lässt man verschiedene Lösungsstrategien vorstellen und begründen, dann können die unterschiedlichen Strategien erfasst und deren Eignung auch reflektiert werden. Hierbei ist wichtig, dass die Herstellung der bildlichen Darstellung von Einzelnen zusätzlich verbalisiert wird: „Das Ganze habe ich als ein Rechteck dargestellt und in acht gleich große Teile geteilt. Ein Teil entspricht einem Achtel und ich habe drei dieser Achtel markiert. Somit erhalte ich drei Achtel.“ Durch das fortlaufende Beschreiben vorgenommener Handlungen gelangen

die Lernenden zu einer mentalen Verinnerlichung mathematischer Inhalte. Durch die Rückkopplung im Unterricht können sie tragfähige Grundvorstellungen erreichen, welche durch entsprechende Handlungserfahrungen und häufige Aktivierung ausgeprägt werden können. Ergänzend stellen die Schülerinnen und Schüler den gleichen Anteil erneut in einer anderen Form dar (vgl. Abbildung 5). Es wird ein tragfähiger Anteilsbegriff erreicht, indem die Lernenden neben ihrem bevorzugten Repräsentanten des Ganzen immer wieder andere mögliche Darstellungsformen ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler sehen, erläutert bekommen und deren Nutzen in verschiedenen Situationen erkennen können.


In größeren Feedbackrunden wurden wöchentlich fünf bis zehn kleinere Aufgaben nacheinander auf eine Leinwand projiziert (z. B. Abbildung 6). Die Schülerinnen und Schüler präsentieren zu jeder Aufgabe ihre Lösung mit den Mini-Whiteboards, indem sie diese vor ihre Brust halten. Die Lehrkraft erhält einen Überblick über den aktuellen Wissensstand der Lerngruppe.

Feedbackrunde I

(1) Welcher Anteil ist markiert? 

(2) Welcher Anteil ist markiert? 

(3) Sind die beiden Anteile gleich groß?
grün: ja; rot: nein

(4) Ich habe $\frac{1}{3}$ markiert.
Wahr oder falsch? 

(5) $\frac{1}{5}$ ist kleiner als $\frac{1}{6}$?
grün: ja; rot: nein

Abbildung 6: Aufgaben der 1. Feedbackrunde

Für die Aufgaben 1 und 2 aus Abbildung 6 wird die weiße Seite des Mini-Whiteboards eingesetzt. Aufgabenformate wie: „Stelle den Bruch ein Viertel bildlich dar“ und anschließender Erweiterung: „Zeichne ein Bild zu einem gleichwertigen Bruch“ bieten außerdem vielfältige Darstellungsmöglichkeiten. Die Aufgaben 3 bis 5 kann man anschließend mit der rot-grünen Seite reflektieren.

Anhand der Erfahrungen bietet das Mini-Whiteboard im Unterricht die Möglichkeit, sich schnell ein Feedback von der ganzen Lerngruppe zu holen und mit einem diagnostischen Blick den Kenntnisstand, die Lernfortschritte und Leistungsprobleme einzelner Schülerinnen und Schüler zu erfassen. So kann man den Unterricht fortlaufend beurteilen und das didaktische Handeln auf diagnostische Einsichten aufbauen.

4 Evaluation des Projekts / Rückmeldungen

Während der Projektphase wurde das „Forscherheft“ an insgesamt vier Schulen in 13 Kursen mit ca. 380 Schülerinnen und Schülern erprobt. Neben den Erfahrungen der Kolleginnen und Kollegen, den Ergebnissen der Leistungsüberprüfung sowie deren diagnostischer Beurteilung und einer kleinen Umfrage unter den Schülerinnen und Schülern können quantifizierbare Ergebnisse vor allem aus den durchgeführten Tests vor und nach der Unterrichtsreihe gezogen werden.

Im Rahmen dieses Artikels werden ausgewählte Ergebnisse dargestellt. Insbesondere die Analyse von Aufgaben der Leistungsüberprüfung werden ergänzend dazu online auf den Seiten des Projekts zur Verfügung gestellt.⁷

Quantitative Tests und ihre Interpretation

Zur Feststellung der Leistungsentwicklung wurden parallelisierte Pre- und Posttests entwickelt, die den Leistungszuwachs in den Inhaltsbereichen „Ablesen von Brüchen aus ikonischen Darstellungen“, „Darstellen von Brüchen“, „Berechnen von Anteilen“ und „Größenvergleich von Brüchen“ erheben.

Der Vergleich der Ergebnisse des Pre- und Posttests dokumentiert einen deutlichen Kompetenzzuwachs der Schülerinnen und Schüler, der sich in der durchschnittlichen Steigerung der Testleistung von ca. 20 %-Punkten ausdrückt (siehe Abbildung 7). Dieser über alle teilnehmenden Klassen gemittelte Leistungszuwachs ist auch in den Vergleichen der Testergebnisse auf Klassenebene deutlich zu erkennen. Auf Klassenebene zeigen sich jedoch Unterschiede. Während der niedrigste durchschnittliche Leistungszuwachs in einer Klasse bei 7 %-Punkten liegt, beträgt er in einer anderen Klasse 45 %-Punkte. Diese Betrachtung ist jedoch besonders von den Leistungen im Pretest abhängig. In der Klasse mit dem geringsten Leistungszuwachs wurden im Pretest die höchsten Leistungswerte festgestellt, während die durchschnittlichen Pretest-Ergebnisse der Klasse mit dem größten Leistungszuwachs zu Beginn der Unterrichtseinheit um 25 %-Punkte niedriger lagen. Hinzu kommt, dass in der Klasse mit dem höchsten Pretest-Ergebnis die Unterrichtseinheit bereits vor der Durchführung des Tests begonnen wurde und somit in diesem Fall bereits von einem maßgeblichen Einfluss des Unterrichts auf die Testergebnisse auszugehen ist. Abbildung 8 stellt die durchschnittliche Leistungsentwicklung auf Klassenebene dar.

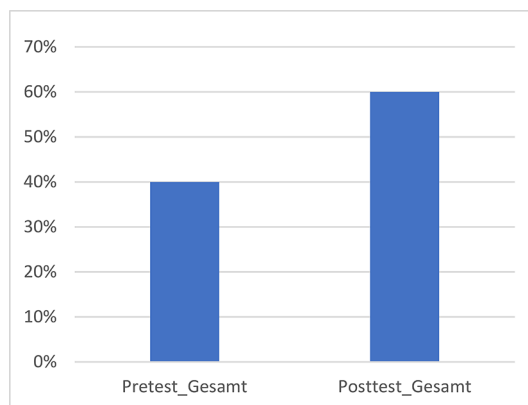


Abbildung 7: Vergleich der Leistungen im Pre- und Posttest der Gesamtgruppe

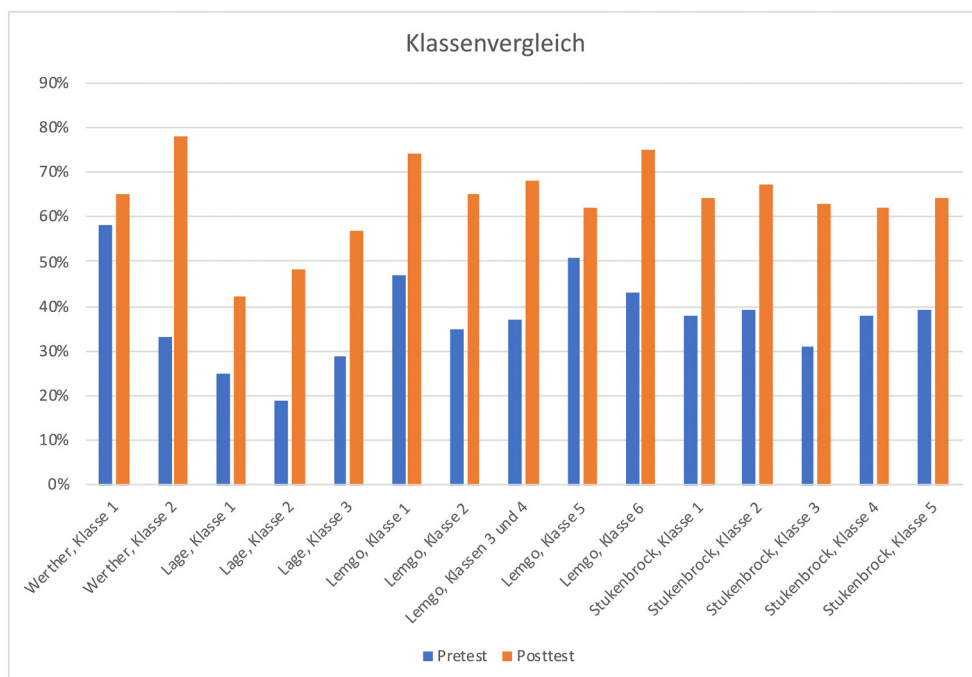


Abbildung 8: Vergleich der Leistungen im Pre- und Posttest nach Lerngruppen

Beim Vergleich der Pre- und Posttest-Ergebnisse ist auch in allen inhaltlichen Bereichen ein deutlicher Leistungszuwachs zu erkennen (vgl. Abbildung 9). Während die Lernenden im Pretest in den Bereichen „Brüche aus ikonischen Darstellungen ablesen“ und „Brüche ikonisch darstellen“ nur 27 % und 40 % erreicht haben, so liegen diese Werte am Ende der Unterrichtseinheit bei 80 % und 70 %. Die Leistungszuwächse in diesen Kernkompetenzen deuten darauf hin, dass die Lernenden insbesondere in Bezug auf die Grundvorstellung „Bruch als Anteil“ tragfähige Vorstellungen aufbauen konnten, die es ihnen ermöglichen, Brüche in verschiedenen Darstellungen korrekt zu erkennen und eigenständig in verschiedenen geometrischen Figuren abzubilden.

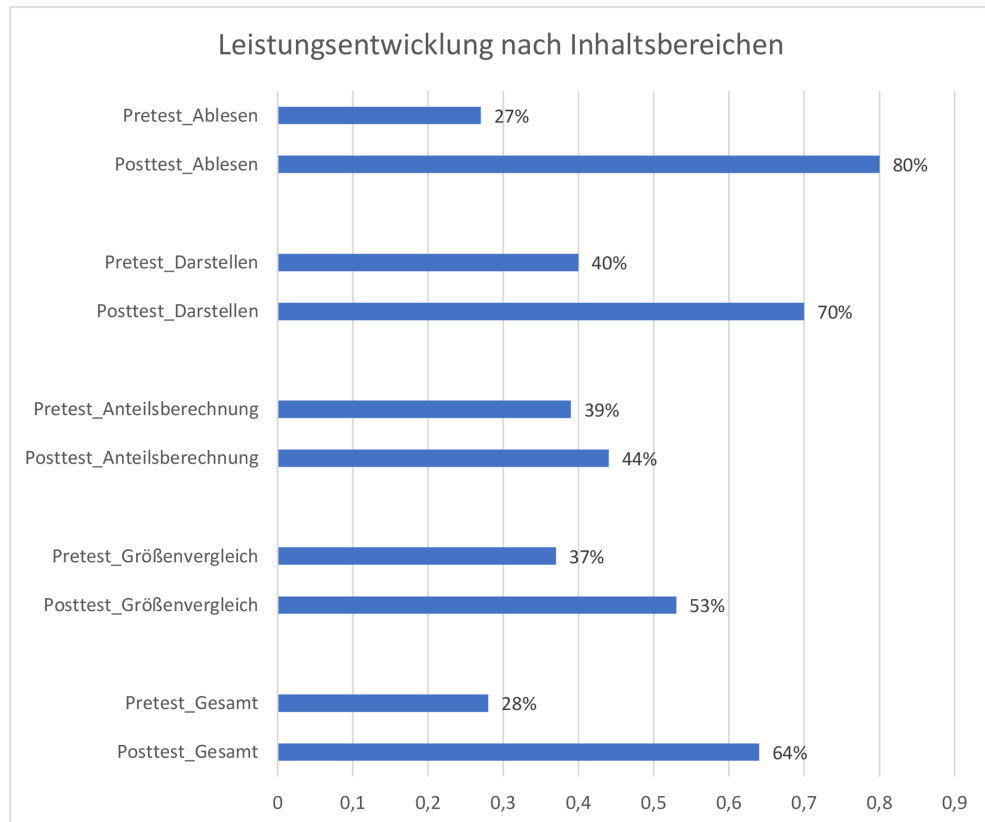


Abbildung 9: Leistungsentwicklung im Pre- und Posttest nach Inhaltsbereichen

Obwohl die Inhaltsbereiche „Anteile berechnen“ und „Größenvergleich“ (FH S. 22–26) in vielen Klassen bis zum Zeitpunkt des Posttests nicht behandelt werden konnten, sind auch in diesen Bereichen moderate Leistungszuwächse festzustellen. Insbesondere die Posttest-Ergebnisse im Bereich „Größenvergleich“ von Brüchen deuten darauf hin, dass die Lernenden auch ohne eine systematische Behandlung im Unterricht eine deutliche Leistungssteigerung erzielen konnten. Es kann angenommen werden, dass dieses Ergebnis im Zusammenhang mit der erfolgreichen Entwicklung der Anteilsvorstellung steht und die Lernenden auf Grundlage ihrer Vorstellungen von Brüchen Größenvergleiche vornehmen konnten.

Ähnliche Transfereffekte sind auch für die Ergebnisse im Bereich „Anteile berechnen“ festzustellen. Wenngleich die Leistungszuwächse in diesem Bereich geringer ausfallen, so ist auch hier zu betonen, dass das Berechnen von Anteilen in vielen Fällen nicht im Unterricht behandelt wurde.

Insgesamt zeigt sich in allen Bereichen eine positive Leistungsentwicklung, die insbesondere auf die Entwicklung tragfähiger Vorstellungen von Brü-

chen als Anteile zurückgeführt werden können. Auf den Webseiten zum Projekt⁸ können ergänzend Schülerbeiträge zu den Pre- und Posttests sowie zu Klassenarbeiten heruntergeladen werden.

Qualitative Ergebnisse – Erfahrungen aus dem Unterricht

Der Wunsch nach der Entwicklung eines anderen Gangs durch die Bruchrechnung entstand durch die allgemein bekannten Schwierigkeiten, die es in der Schule immer wieder mit den Unterrichtsreihen zur Bruchrechnung gibt. Die Lehrkräfte stützen sich in der Unterrichtsplanung natürlich überwiegend auf die eingeführten Lehrwerke und so schreiten sie entsprechend schnell von den grundlegenden Vorstellungen zum kalkülhaften Rechnen fort. Spätestens dann, wenn in Jahrgang 6 mit der Addition und Subtraktion auf den Kenntnissen aus dem 5. Jahrgang aufgebaut werden soll, erfahren Lehrkräfte, dass der Aufbau tragfähiger Vorstellungen größtenteils nicht so erfolgreich war, wie im Unterricht intendiert. Erweitern verwechseln viele Lernende mit dem Vervielfachen, ein Halb wird leider häufig zu „1,2“, weil die Vorstellung zu dem Bruchteil nicht genügend verankert ist.

Die Fachkonferenzen der Setschulen hatten sich 2018 ausgehend von diesen Erfahrungen für die Arbeit im SINUS-Projekt ausgesprochen und diese unterstützt. Entsprechend offen und bereit waren nun die Kolleginnen und Kollegen, die in der 5. Jahrgangsstufe unterrichteten, das Forscherheft und den entsprechenden Unterrichtsgang zu erproben.

Eine Evaluation nach Beendigung der Unterrichtsreihe lieferte eine überwiegend positive Rückmeldung. So gab es hohe Zustimmungswerte zu der Eignung des Forscherhefts bzgl. der Differenzierung, der Überprüfung des erlangten Verständnisses, des langen Verharrens bei den Anteilsvorstellungen und bei der Variabilität der Aufgaben in dem Forscherheft. Die Kolleginnen und Kollegen, die das Mini-Whiteboard genutzt hatten, hielten dieses für eine hilfreiche Methode. Ebenso wurde das Schneiden von realen Repräsentanten und auch das Falten von Papier für sehr hilfreich zur Festigung der Bruchvorstellung bei den Schülerinnen und Schülern eingestuft. Dazu fanden sie in dem Forscherheft viele geeignete Aufgabenstellungen.

Die Lehrkräfte beschrieben den Umgang mit dem Forscherheft als praktisch, da es den Schülerinnen und Schülern damit leichter fällt, alles geordnet abzulegen. Auch ein Zurückblättern und die Möglichkeit der schnellen Einsichtnahme durch die Unterrichtenden wurden als arbeitserleichternd empfunden. Es sei schnell erkennbar gewesen, ob eine Aufgabenstellung oder ein Teilaspekt von den Schülerinnen und Schülern verstanden worden ist. Die Kosten für das doppelseitig gedruckte Forscherheft in DIN-A-5 sind abzuwägen, stellen aber eine lohnenswerte Investition für die Lernenden dar.

Zunächst empfanden manche Lehrkräfte die im Vergleich zum Schulbuch langsame Vorgehensweise und die detaillierte Erarbeitung als überraschend, um dann aber festzustellen, dass die vielen anschaulichen Aufgaben sehr hilfreich waren. Es wurde festgestellt, dass selbst die vermeintlich „einfachen“ Aufgaben nicht immer selbsterklärend waren und auch Erfahrungen aus dem Alltag nicht immer fehlerfrei in das Gebiet der Mathematik übertragen werden konnten. Das Forscherheft konnte von den Kolleginnen und Kollegen gut genutzt werden, um Redeanlässe zu schaffen und die Lernenden aktiv einzubinden. In diesem Zusammenhang trug das Mini-Whiteboard zur weiteren Moti-

vation und einer schnellen Überprüfbarkeit von Ergebnissen bei. Ebenfalls als motivierend wurden die Bonbon-Aufgaben von den leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern gern gelöst und stolz präsentiert.

Die Kolleginnen und Kollegen stellten mithilfe des Forscherhefts erwartungsgemäß fest, dass schriftliche Begründungen und das Formulieren in ganzen Sätzen den Schülerinnen und Schülern schwerfielen. Entsprechende Aufgaben sind in den eingeführten Schulbüchern wenig vorhanden und werden bisher oft eher ausgelassen. Durch die größere Anzahl solcher Aufgaben legten die Lehrkräfte einen größeren Fokus auf diesen Aufgabentyp und erkannten im Laufe der Zeit auch einen Lernzuwachs bei ihren Schülerinnen und Schülern. Lediglich einzelne Lehrkräfte stellten den zeitlichen Umfang der Zeichen- und Erklärungsaufgaben infrage; sie wollten, wie mit dem Schulbuch gewohnt, frühzeitig zum „eigentlichen Rechnen“ kommen.

Die Lehrenden vermissen in den Schulbüchern Anlässe, um über Thesen wie „Ein Viertel kann verschieden groß sein“ (FH S. 8 Nr. 3) oder „ein Drittel kann genauso viel sein wie ein Viertel“ (FH S. 9 Nr. 3) ins Gespräch zu kommen. Diese Aussagen hatten im Unterricht zu angeregten Diskussionen geführt und waren laut der Einschätzung der Unterrichtenden für den Erkenntnisgewinn besonders wichtig.

Besonders positiv wurde das Forscherheft auch in den an der Erprobung beteiligten inklusiven Klassen aufgenommen, in denen Dank des Zusatzmaterials gut über die im Heft bereits angelegte Differenzierung hinaus gearbeitet werden konnte.

Abschließend wurde von einigen Lehrkräften angeregt, nach dem Vorbild des Forscherhefts Folgehefte zu entwickeln, um die Fortsetzung der Bruchrechnung (aber auch andere Inhalte des Kernlehrplans) entsprechend zu organisieren.

Eine Umfrage bei den Schülerinnen und Schülern ergab, dass das Forscherheft als motivierend empfunden und dass gerne damit gearbeitet wurde. Das Heft ermöglichte in einigen Bereichen das selbstständige Lernen, ohne aber gemeinsame Phasen mit dem Austausch von Lösungsideen und der Diskussion von Ergebnissen zu vernachlässigen. Dies wurde von den Schülerinnen und Schülern sehr geschätzt. Sie waren der Meinung, dass das Schneiden und Falten ihre Vorstellung von Bruchteilen geprägt und gefestigt habe. Den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben im Forscherheft empfanden die Schülerinnen und Schüler als angemessen.

5 Zusammenfassung und Perspektiven

Das Forscherheft hat eine hohe Akzeptanz bei den unterrichtenden Lehrkräften und den Lernenden. Sein Einsatz wirkt sich motivationssteigernd auf die Lernenden aus. Es entlastet die eingesetzten Lehrkräfte durch eine strukturierte Planung der Unterrichtseinheit, die leicht umsetzbar ist. Lediglich die Aufteilung der Inhalte auf ggf. zwei Jahrgänge muss von den Kolleginnen und Kollegen geplant werden – schulinterne Absprachen sind zu beachten. Die Pre- und Posttests belegen, dass mithilfe des Forscherhefts die inhaltlichen und prozessbezogenen Kompetenzen erfolgreich vermittelt wurden.

Ob jedoch die im Unterricht vermittelten Konzepte und Vorstellungen auch nachhaltig angelegt worden sind, konnte im Rahmen des Projekts nicht ermittelt werden. Dennoch ist durch die zunehmend sicheren Darstellungs-

wechsel sowohl ikonisch als auch sprachlich durchaus davon auszugehen, dass der Prozess des Aufbaus einer langfristig tragfähigen Grundvorstellung gelungen ist. Auch die im Posttest gezeigten Transferleistungen auf noch nicht im Unterricht vermittelte Kompetenzbereiche können als Indiz dafür gesehen werden, dass das Lernen erfolgreich war.

Zusammenfassend wird also deutlich, dass die hier beschriebene Unterrichtseinheit mit einem fachlich-aufbauenden Unterrichtsgang im Vergleich zu dem in einigen Lehrwerken favorisierten Lernen am Kontext ebenfalls einen sinnvollen Weg für die Bruchrechnung darstellt. Wesentlich erscheint, dass den Lernenden ausreichend Zeit gelassen wird, die handelnd-anschauliche als auch die ikonische Ebene sowohl sprachlich als auch handelnd mit dem Kalkül zu verknüpfen, um sicher geeignete individuelle Grundvorstellungen zu Bruchzahlen und der Bruchrechnung aufzubauen.

Perspektiven zur möglichen Weiterentwicklung

Ein Wiederaufgreifen der Unterrichtsreihe und des Forscherhefts in den folgenden Jahrgängen in ähnlicher Form ist wünschenswert. Ebenso wäre es sinnvoll, besonders wichtige Stellen/Stunden der Unterrichtsreihe mit der Methode des „Lesson Learning“ effektiver und nachhaltiger zu gestalten (vgl. z. B. Steffens & Posch, 2019, S.189 ff.). Dazu ist es notwendig, einzelne Stunden oder einzelne Bereiche der Reihe zusammen mit Lehrkräften und weiteren Beobachtern genau zu analysieren, daraus Änderungen abzuleiten und in nachfolgenden Stunden erneut durchzuführen.

Falls das Forscherheft z. B. curricular bedingt nicht im 5. Jahrgang vollständig bearbeitet werden soll oder kann, bietet es sich an, dieses in der 6. Jahrgangsstufe erneut einzusetzen und an das Vorwissen nahtlos anzuknüpfen. Bis dahin nicht genutztes Differenzierungsmaterial kann gut zur Wiederauffrischung genutzt werden. Wenn im weiteren Verlauf die Bruchdarstellung mit der Dezimalzahl Schreibweise verknüpft und später bei der Prozentrechnung genutzt wird, empfiehlt es sich, die Verwendung vom Bruchstreifen als wiederkehrendes und verlässliches Modell verständnisfördernd innerhalb der Fachschaft zu vereinbaren.

Zwar bietet das Forscherheft bereits an einigen Stellen Aufträge zur Versprachlichung, jedoch sind viele der zwar im Unterricht etablierten sprachlichen Elemente nicht vollständig in das Forscherheft eingebunden worden. Aus Sicht der Kolleginnen und Kollegen des SINUS-Sets bestand nicht die Notwendigkeit, diese Aufträge im Forscherheft einzubinden, da der Lernerfolg auch weiterhin maßgeblich von der gelebten Unterrichtspraxis abhängt. Die Grenzen zwischen ikonischem und kalkülhaftem Vorgehen müssen sich insbesondere in der Sprache noch deutlicher voneinander abheben. Dies könnte durch weitere konkrete Aufträge im Forscherheft bereits etabliert werden.

Literatur

- Beling, B. (2019). Sehen, wo ihr steht. Mit Plickers diagnostizieren und planen. *Mathematik lehren*, 36 (215), 39–42.
- Bruder, R. & Reibold, J. (2010). Weil jeder anders lernt. Ein alltagstaugliches Konzept zur Binnendifferenzierung. *Mathematik lehren*, 37 (162), 2–9.
- Eichelmann, A., Narciss, S., Schnaubert, L. & Melis, E. (2012). Typische Fehler bei der Addition und Subtraktion von Brüchen – Ein Review zu empirischen Fehleranalysen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 33 (1), 29–57.

- Hoffkamp, A. (2018). Den Schülerinnen und Schülern zugewandt. Feedback im Unterrichtsalltag. In W. Herget (Hrsg.), *Mathematik hat viele Gesichter. ...angewandt, „abgewandt“ – und zugewandt!* (MUED Rundbriefe, Bd. 206, S. 21–29). Appelhülsen: MUED e. V. Verfügbar unter <https://www.die-mueden.de/rundbrief/rb206.pdf> [25.06.2020].
- Hoffkamp, A. & Kaliski, J. (2017). Prozente im Wechselspiel von Vernetzung und Vereinfachung. Unterricht in heterogenen Klassen. *Mathematik lehren*, 34 (200), 19–24.
- Kollhoff, S. (2020). Transferschritte bei Brüchen. *Mathematik lehren*, 37 (218), 7–11.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019). *Mathematik. Kernlehrplan für die Sekundarstufe I, Gymnasium in Nordrhein-Westfalen* (Die Schule in NRW, Bd. 3401). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2011). *Kernlehrplan und Richtlinien für die Hauptschule. Mathematik* (Die Schule in NRW, Bd. 3203, 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2013). *Analysen und Hinweise zur Bearbeitung ausgewählter Aufgaben der Zentralen Prüfungen 10 Mathematik auf der Grundlage der Ergebnisrückmeldung 2010 bis 2012. Zentrale Prüfungen 10 – Mathematik Hauptschulabschluss nach Klasse 10 / mittlerer Schulabschluss (FOR)*. Verfügbar unter https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/upload/zp10/sonstige_Dateien/2019/ZP10_Fachbericht-Mathematik.pdf [10.03.2020].
- Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen (MSJK) (2004a). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Mathematik* (Die Schule in NRW, Bd. 3106, 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen (MSJK) (2004b). *Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen. Mathematik* (Die Schule in NRW, Bd. 3302, 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Padberg, F. & Wartha, S. (2017). *Didaktik der Bruchrechnung* (Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I + II, 5. Aufl.). Berlin: Springer Spektrum.
- Prediger, S. (2009). Verstehen durch Vorstellen. In T. Leuders, L. Hefendehl-Hebeker & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Mathe magische Momente* (S. 166–175). Berlin: Cornelsen.
- Prediger, S. & Hußmann, S. (Hrsg.) (2014). *Mathe sicher können. Diagnose- und Förderkonzept zur Sicherung mathematischer Basiskompetenzen* (1. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Reinhold, F. (2019). *Wirksamkeit von Tablet-PCs bei der Entwicklung des Bruchzahlbegriffs aus mathematikdidaktischer und psychologischer Perspektive*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule des Landes Nordrhein-Westfalen (QUA-LiS NRW) (2015). *Fachdidaktische Rückmeldungen zu den zentralen Prüfungen am Ende der Klasse 10 (ZP10) im Fach Mathematik. Prüfungsjahr 2015*. Soest. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/upload/Faecher_Seiten/mathematik/M15_Fachdidaktische_Rueckmeldung.pdf [17.06.2020].
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10); [Beschluss vom 4.12.2003]* (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz). München: Wolters Kluwer.
- Steffens, U. & Posch, P. (2019). *Lehrerprofessionalität und Schulqualität* (Beiträge zur Schulentwicklung, 1. Aufl.). Münster: Waxmann.
- Wartha, S. (2007). *Längsschnittliche Untersuchungen zur Entwicklung des Bruchzahlbegriffs* (Texte zur mathematischen Forschung und Lehre, Bd. 54). Zugl.: Regensburg, Univ., Diss. 2007. Hildesheim: Franzbecker.

Projektgruppe

Annett Veit, Peter-August-Böckstiegel-Gesamtschule, Borgholzhausen

Katharina Jarczак, Karla-Raveh-Gesamtschule des Kreises Lippe

Klara Kolcov, Gesamtschule Schloß Holte-Stukenbrock

Jeanette Fuhrmann, Karla-Raveh-Gesamtschule des Kreises Lippe

Johannes Gerdiken, ehem. Schule an der Altenau in Borchен, Mitarbeit bis
Ende 2018

Wissenschaftliche Begleitung

Sebastian Kollhoff, Universität Bielefeld

Prof. Dr. Rudolf vom Hofe, Universität Bielefeld

Mathematische Kompetenzförderung mit Blick auf ein WiMINT-Studium

Förderung leistungsstarker Lernender im Mathematikunterricht

MICHAEL RÜSING, ELLEN VOIGT, HOLGER REEKER

„Wie gut bereite ich meine Schülerinnen und Schüler auf ein Studium vor? Beherrschen sie das mathematische Grundwissen für eine erfolgreiche Bewältigung der Studiengänge der Wirtschafts- und Naturwissenschaften, der Informatik und der Mathematik (WiMINT)?“ Das fragen sich viele Lehrerinnen und Lehrer, die in der Sekundarstufe II einen Mathematikkurs unterrichten, viele fragen sich das auch in den Klassenstufen 8 und 9, in denen thematisch wichtige mathematische Grundlagen zu Gleichungen und Funktionen gelegt werden.

Wie kann eine Differenzierung im Mathematikunterricht (MU) gelingen, die vom gemeinsamen Lerngegenstand ausgeht und wieder in den Unterricht zurückführt? Wie können interessierte und begabte Schülerinnen und Schüler *nach oben* gefördert werden und ihre Lernprodukte für alle bereichernd in den Unterricht zurückfließen? Das waren die zentralen Fragestellungen für das aktuelle SINUS-Projekt, mit denen sich elf Lehrerinnen und Lehrer auseinandergesetzt haben. Als Ergebnis sind fünf Serien von Arbeitsblättern mit Lehrercommentaren entstanden, die exemplarisch an zentralen Inhalten des MU der Jahrgangsstufen 8 bis Q2 anknüpfen. Inhaltlich werden dabei zuerst die Kompetenzen beim Lösen von Gleichungen und Ungleichungen in den Blick genommen. Die im Kernlehrplan obligatorischen Funktionenklassen werden dann mit Blick auf die Voraussetzungen eines WiMINT-Studiums erweitert (Betragfunktionen, gebrochen-rationale Funktionen, Umkehrfunktionen, periodische Funktionen). Bei allen Schüleraktivitäten wird die dynamische Geometriesoftware GeoGebra zum Erkunden, bei Darstellungswechsel und zur Visualisierung intensiv genutzt.

1 Guter Unterricht braucht auch eine Differenzierung nach oben

In jeder Klasse bzw. in jedem Kurs sind die Ausgangsvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler höchst unterschiedlich. Dies betrifft sowohl Einstellungen zum schulischen Lernen, die individuelle Erfahrungswelt, die allgemeinen und fachlichen Lernvoraussetzungen und die persönlich präferierten Zugangsweisen. Um möglichst vielen Schülerinnen und Schülern – im Idealfall allen – individuell passende Lernangebote machen zu können, muss die Lernsituation differenzierend angelegt sein (s. a. Barzel, Büchter & Leuders, 2007, insbesondere zur methodischen Variabilität).

Nach Lenzen werden unter Differenzierung „alle organisatorischen, inhaltlichen und didaktischen Vorkehrungen [...] gefasst, die auf besondere Ausprägungen von Lernvoraussetzungen, Lernfähigkeiten und inhaltliche Interessen verschiedener Schülergruppen eingehen“ (Lenzen, 1989). In der allgemeinen

Didaktik wurde bis in die 90er Jahre (innere) Differenzierung meist an unterschiedliche Sozialformen gekoppelt mit starker Präferenz für Gruppenarbeit (vgl. Meyer, 1987 und Bruder & Reibold, 2010). Seit Ende der 90er Jahre gibt es zahlreiche pädagogische Arbeiten und Vorschläge zum Thema Heterogenität, die insbesondere den unterschiedlichen sprachlichen und kulturellen Hintergrund der Lernenden in den Blick nehmen. Für interessierte und begabte Schülerinnen und Schüler werden aktuell zwar vielfältige Möglichkeiten zur Begabtenförderung in der Schule aufgezeigt (s. a. Wambach, 2001), z. B. Arbeitsgemeinschaften, Wettbewerbe, Forschungsgruppen, aber auch Projekte und Kooperationen, die im Rahmen von Partnerschaften mit Sponsoren stattfinden. Es stellt sich aber offen die Frage, warum die Förderung von interessierten Schülerinnen und Schülern weitgehend außerhalb unserer Kernaufgabe Unterricht stattfinden soll.

Bildungsstandards und der Übergang Schule-Hochschule

Seit mehr als zehn Jahren haben sich Bildungsstandards und zentrale Prüfungen etabliert. Sie legen Standards in allen Fächern fest und werden in den Kernlehrplänen und schulinternen Lehrplänen konkretisiert. Durch diese Transparenz wird mit Blick auf den Übergang Schule-Hochschule z. B. im Fach Mathematik sehr deutlich, welche Funktionenklassen bei Abiturienten zum Standard gehören (z. B. ganzrationale Funktionen und (gemischte) Exponentialfunktion).

Im Rahmen eines vorgelagerten SINUS-Projekts wurden zu den in den Kernlehrplänen formulierten Kompetenzerwartungen illustrierende Beispielaufgaben zusammengestellt (Roß & Kaufmann, 2019). Diese Aufgabensammlung bietet Schülerinnen und Schülern mit Ausbildungs- oder Studienwunsch in mathematikaffinen Bereichen, Lehrkräften an allgemeinbildenden Schulen sowie Dozentinnen und Dozenten an Hochschulen eine Orientierung, welche Aufgaben Schülerinnen und Schüler in Nordrhein-Westfalen ohne Nutzung von technischen Hilfsmitteln am Ende der Sekundarstufe I und auch bei Aufnahme eines Studiums lösen können sollen. Das vorliegende Projekt zur Kompetenzförderung mit Blick auf ein WiMINT-Studium knüpft an die Aufgabensammlung an, da im Mittelpunkt die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zu Themenbereichen steht, die für den Übergang Schule-Hochschule hilfreich sind. Dazu gehören beispielsweise der Umgang mit Ungleichungen, Betragsfunktionen, gebrochen-rationale Funktionen sowie periodische Funktionen.

Differenzierung nach oben im Mathematikunterricht

Im Rahmen der inneren Differenzierung im Unterricht wird traditionell (nach Heymann, 1991) zwischen offener und geschlossener Differenzierung unterschieden. Geschlossene Differenzierung beinhaltet vor allem das Zuweisen von Aufgaben mit variierendem Anforderungsniveau an Einzelne, wobei die Lernwege tendenziell eher vorgegeben sind. Favorisiert wird dabei die eigenverantwortliche Auswahl der Aufgaben durch die Lernenden – begleitet durch die Lehrenden. Offene Differenzierung dagegen bezeichnet Lernumgebungen, in denen die Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Lernwege finden können. Das gilt für offene Aufgaben, für materialbasiertes freies Arbeiten, für die Nutzung von Lerntagebüchern oder Forscherheften etc.

In ihrem Leitartikel (Bruder & Reibold, 2010) entwickeln Regina Bruder und Julia Reibold ein alltagstaugliches Konzept zur Binnendifferenzierung und formulieren Strategien zwischen geschlossener und offener Differenzierung:

- Aufgaben mit unterschiedlichem Niveau wählen lassen,
- offene, selbstdifferenzierende Aufträge stellen,
- vielfältige Gestaltung der Lernmaterialien,
- Organisations- und Sozialformen des Lernens abwechseln.

Eine vom SINUS-Projekt intendierte innere Differenzierung nach oben greift alle genannten Strategien auf: Die entwickelten Aufgaben und Arbeitsblätter stellen erweiterte Lernangebote mit aufsteigendem Schwierigkeitsgrad dar. Eine gewisse Fähigkeit zur Selbsteinschätzung ist hierbei allerdings von den Schülerinnen und Schülern erforderlich, ggf. steuert die Lehrkraft nach und berät die jeweiligen Schülerinnen und Schüler. Bei den Arbeitsblatt-Serien wurde darauf geachtet, dass nach einigen einführenden Aufgaben auch offene Aufgaben mit freien, selbstdifferenzierenden Anteilen integriert wurden. Dies kann insbesondere beim Einsatz von GeoGebra hinsichtlich unterschiedlich komplexer Bearbeitung erreicht werden. Nach einer angemessenen Bearbeitungszeit im Unterricht ist jedoch durch Rückkopplung der Ergebnisse und Erkenntnisse in den Plenumsunterricht darauf zu achten, dass nicht einzelne Teile der Lerngruppe dauerhaft unabhängig voneinander arbeiten.

Vor dem Hintergrund der jeweiligen Lerngruppe und den individuellen Lernvoraussetzungen entscheidet die Lehrkraft, ob die Schülermaterialien in der vorliegenden Form eingesetzt werden oder als WORD-Datei heruntergeladen und bearbeitet werden. Auch Organisations- und Sozialformen des Lernens sind auf die Lerngruppen anzupassen – so kann einerseits eine Einzel- oder Partnerarbeit mit anschließendem Vortrag im Plenum geeignet erscheinen, in einer anderen Lerngruppe möglicherweise ein Gruppenpuzzle oder eine Gruppenarbeit mit anschließendem Museumsgang. Als Produkte wurden neben den Schülermaterialien auch Handreichungen für die Lehrkräfte erstellt, in denen ausgehend von der Situation des Unterrichts aufgezeigt wird, wie die Ergänzungen und Vertiefungen eingesetzt und welche Ziele damit verfolgt werden können.

Die Arbeitsblätter sind so konzipiert, dass der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben jedes Arbeitsblattes gestaffelt ist, sodass möglichst alle Schülerinnen und Schüler einer Lerngruppe mindestens zur Lösung der Einstiegsaufgaben einen Zugang finden können. Die Arbeitsblätter bieten somit eine Spannweite, die eine Differenzierung innerhalb der Lerngruppe ermöglicht. Für die Unterstützung der Lehrkräfte wurden zu allen Arbeits- und Aufgabenblättern didaktische und methodische Kommentare erstellt. Diese enthalten in jeweils drei Abschnitten Kommentare zu den Intentionen der Aufgaben, Musterlösungen der Aufgaben und die Bezüge zu den Kompetenzen, die zur Bearbeitung der Aufgaben nötig sind oder die bei der Bearbeitung erworben bzw. erweitert werden.

Grundlage der Arbeit waren die Kompetenzerwartungen des alten Kernlehrplans Gymnasium Sekundarstufe I (G8) Mathematik (MSW, 2007). Einige der mit diesen Vertiefungen zu erreichende Kompetenzen sind in dem aktuellen Kernlehrplan Mathematik für die Sekundarstufe I, Gymnasium (MSB, 2019) aufgenommen. Die Zuweisungen zu den Jahrgangsstufen wurden bereits an eine mögliche Sequenzierung im neunjährigen Bildungsgang vorgenommen – sie stellen eine Orientierung für eine geeignete Einsortierung dar.

2 Differenzierung in der Leitidee „Funktionaler Zusammenhang“

Zu diesen Themen wurden Materialien erstellt:

- Lösen von Ungleichungen als Voraussetzung für die Bearbeitung der Materialien zu weiteren Funktionenklassen (ab Jahrgangsstufe 7)
- Betragsfunktionen einschließlich Betragsgleichungen und -ungleichungen (Jahrgangsstufe 8)
- Gebrochen-rationale Funktionen einschließlich Bruchgleichungen und -ungleichungen (Jahrgangsstufe 8)
- Umkehrfunktionen (Jahrgangsstufe 9)
- Periodische Funktionen (Jahrgangsstufe 10)

Alle Materialien, auch die in diesem Artikel nicht ausführlich vorgestellten, stehen online auf den Seiten zu diesem Projekt zur Verfügung¹. Großer Wert wird darauf gelegt, graphische Methoden in den Aufgaben anzuwenden und das Wechselspiel zwischen graphischen und algebraischen Vorgehensweisen zu thematisieren.

Bereits in den Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2004) ist speziell zur Leitidee Funktionaler Zusammenhang u. a. zu entnehmen: Die Schülerinnen und Schüler

- *nutzen Funktionen als Mittel zur Beschreibung quantitativer Zusammenhänge,*
- *erkennen und beschreiben funktionale Zusammenhänge und stellen diese in sprachlicher, tabellarischer oder graphischer Form sowie gegebenenfalls als Term dar,*
- *analysieren, interpretieren und vergleichen unterschiedliche Darstellungen funktionaler Zusammenhänge (wie lineare, proportionale und antiproportionale),*
- *lösen realitätsnahe Probleme im Zusammenhang mit linearen, proportionalen und antiproportionalen Zuordnungen,*
- *interpretieren lineare Gleichungssysteme graphisch [...]. (S. 11f.)*

Den deutlichen Schwerpunkt dieses Artikels bilden die Materialien zu den Gleichungen und Ungleichungen sowie zu den Betragsgleichungen und den Betragsfunktionen. Sie nutzen die Kompetenzen aus dem Bereich der linearen Funktionen (auch in den verschiedenen Darstellungen und in zahlreichen Anwendungskontexten). In Aufgaben mit wirtschaftlichen Anwendungen und linearen Funktionen für Gewinne und Verluste in Abhängigkeit von einer produzierten Größe spielt nicht nur der Schnittpunkt (als „Break-even-point“) eine wichtige Rolle, sondern auch die Bereiche, in denen der Graph der Gewinnfunktion über dem Graphen der Verlustfunktion liegt und umgekehrt. Ungleichungen bieten eine weitere Darstellung (des Vergleichs zweier Funktionen), die mit den bei Schülerinnen und Schülern vorhandenen Grundvorstellungen zu Funktionen vernetzt wird (s. a. Matthäus & Matthäus, 2012). Die Materialeinheit zu Ungleichungen ist unmittelbar mit den obligatorischen Unterrichtsinhalten verbunden, bietet Möglichkeiten der Vernetzung und stellt einen Mehrwert für die notwendigen Kenntnisse und Vorstellungen z. B. für ein angestrebtes Studium der Wirtschaftswissenschaften (und der MINT-Fächer) dar. Unter 2.3 gibt es darüber hinaus einen kurzen Einblick zum Material periodischer Funktionen.

¹ www.sinus.nrw.de.

2.1 Von Gleichungen und Ungleichungen

Im aktuellen Kernlehrplan ist die Kompetenzerwartung formuliert, dass Schülerinnen und Schüler in der Lage sind „Gleichungen und Ungleichungen zur Formulierung von Bedingungen in Sachsituationen“ aufstellen zu können (Arithmetik/Algebra (6), MSB, 2019, S. 29). Da in den erstellten Materialien im Zusammenhang mit den weiteren Funktionenklassen teilweise mit Ungleichungen operiert wird, sollten die entsprechenden Arbeitsblätter vorab den Schülerinnen und Schülern zur Vertiefung von Ungleichungen angeboten werden. Es ist jedoch auch möglich, sich bei den Funktionen zunächst auf das Lösen von Gleichungen zu beschränken und die Aufgabenblätter zu Ungleichungen zu einem späteren Zeitpunkt einzusetzen.

Das Material zu den Ungleichungen besteht aus insgesamt vier Arbeits- und Aufgabenblättern. Im Lehrerkommentar wird dargestellt, wie die Schülermaterialien an die Unterrichtsinhalte aus dem Kernlehrplan anknüpfen und welche Voraussetzungen die Schülerinnen und Schüler mitbringen müssen.

Da in den Aufgabenblättern immer der geometrische Aspekt bei der Lösung der Ungleichungen herangezogen wird, dient ihr Einsatz u. a. der Erweiterung der Unterrichtsinhalte zum Themenbereich der linearen Funktionen.

Die bereits erworbenen inhaltlichen Kompetenzen zu den linearen Funktionen werden trainiert und im neuen Kontext der Ungleichungen angewendet. Außerdem werden Termumformungen und Äquivalenzumformungen in einem neuen Zusammenhang eingesetzt.

Konkrete Voraussetzungen für den Einsatz der Materialien:

- Der Funktionsbegriff und die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten von Funktionen (Graph, Tabelle, Text, Term) müssen beherrscht werden.
- Geradengleichungen müssen bekannt sein.
- Die Bedeutung der Formvariablen in den Gleichungen (Steigung und Achsenabschnitt) muss bekannt sein.
- Die Schülerinnen und Schüler müssen mit einer Dynamischen-Geometrie-Software (DGS), z. B. GeoGebra, umgehen können, sodass sie Geraden darstellen können.
- Die DGS sollte für die Unterrichtsstunden, in denen die Aufgabenblätter eingesetzt werden, zur Verfügung stehen.
- Die Schülerinnen und Schüler können Gleichungen geometrisch und algebraisch lösen.

Lösen von Ungleichungen mit graphischen Methoden

Zu jedem Arbeitsblatt finden sich im Lehrerkommentar Erläuterungen zum unterrichtlichen Einsatz. Beispielhaft ist hier der Text zum ersten Aufgabenblatt dargestellt (Abbildung 1). Die zugehörigen Aufgaben sind in Abbildung 2 dargestellt.

Zu den Lehrerkommentaren (Abbildung 1) gehören die folgenden Punkte.

- Die erforderlichen Vorkenntnisse zur Bearbeitung der Aufgaben werden konkret genannt.
- Eine Begründung für die Abfolge der Aufgaben wird gegeben.
- Es gibt Hinweise zum Schwierigkeitsgrad der Aufgaben, sodass die Lehrkräfte sofort erkennen können, in welcher Weise die Aufgaben zur Differenzierung innerhalb der Lerngruppe beitragen.

Aufgabenblatt 1 nutzt die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler zu den Graphen linearer Funktionen, um die Lösungsmengen von linearen Ungleichungen zu visualisieren. In der ersten Aufgabe müssen sie zwei vorgegebene Geraden den ebenfalls gegebenen Gleichungen zuordnen und dann die Bereiche ablesen, in denen die Werte der einen Funktion größer sind als die der anderen. Das Ablesen solcher Bereiche ist eventuell bis zu diesem Zeitpunkt von den Schülerinnen und Schülern noch nicht in Aufgaben gefordert worden und stellt damit eine neu zu erwerbende Kompetenz dar, die aber keinen besonders großen Schwierigkeitsgrad hat. Im Grunde wird den Schülerinnen und Schülern durch die Aufgabenformulierung die anzuwendende Technik vorgeführt.

In der zweiten Aufgabe sind Ungleichungen vorgegeben. Die Schülerinnen und Schüler müssen nun die Geraden zu den Termen auf den beiden Seiten der Ungleichung zeichnen und dadurch die Ungleichung mit der in Aufgabe 1 erworbenen Technik lösen.

Aufgabe 1 kann als eine reine Übungsaufgabe zu den linearen Funktionen betrachtet werden. Sie knüpft damit direkt an die Unterrichtsinhalte an, die allen Schülerinnen und Schülern bekannt sein müssen (Aktivieren von Vorwissen und Gegenüberstellung der graphischen und symbolischen Darstellung). Aufgabe 2 sollte ebenfalls von allen Schülerinnen und Schülern gelöst werden. Mit dieser Erwartung wird das nötige Basiswissen für die folgende Differenzierung definiert (sollten Lernende auf diesem Gebiet weiterhin Schwierigkeiten haben, ist eine Differenzierung zum Thema „Ungleichungen“ nicht sinnvoll).

Die Graphen können in dieser Aufgabe händisch oder auch mit der DGS erstellt werden. An dieser Stelle kann die Lehrkraft eine Vorgabe machen oder die Wahl der Methode den Schülerinnen und Schülern überlassen.

Abbildung 1: Lehrerkommentar zum Aufgabenblatt 1 für die Ungleichungen

Ungleichungen Aufgabenblatt 1

Ungleichungen graphisch lösen

Aufgaben

Aufgabe 1

Die Abbildung zeigt die Graphen der Funktionen mit den Gleichungen $f(x) = 2x - 3$ und $g(x) = 4$.

Markiere in der Abbildung die x -Werte, für die $f(x) > g(x)$ ist.

Was kannst du über die Lösungen der Ungleichung $2x - 3 > 4$ aussagen?

Aufgabe 2

Löse die Ungleichungen, indem du jeweils zwei Funktionsgraphen darstellst.

a) $3x + 4 > 2x - 1$ b) $2x - 2 > -x + 1$ c) $4x + 2 < 2x - 4$ d) $5x - 3 > 2x + 8$

Abbildung 2: Aufgabenblatt zur graphischen Lösung von Ungleichungen

Die algebraischen Methoden zur Lösung von Ungleichungen (Abbildung 3) werden auf zwei Arbeitsblättern vermittelt und eingeübt. Im ersten Arbeitsblatt ist darauf geachtet worden, dass bei den Äquivalenzumformungen keine Multiplikation mit oder Division durch negative Zahlen erforderlich wird, wenn bei den Umformungen die Terme so sortiert werden, dass die Anteile mit der Variablen auf der linken Seite und die absoluten Werte auf der rechten Seite der Ungleichung stehen.

In der konkreten Unterrichtssituation kann es allerdings passieren, dass die Schülerinnen und Schüler andere Lösungswege bestreiten oder z. T. auch

fehlerhafte Wege gehen (z. B. auch durch Vertauschen der formalen Zeichen „>“ oder „<“). Als Intervention können einerseits leichte Fehler direkt behoben werden oder auch grundsätzliche Fehler im Rahmen eines produktiven Unterrichtsgesprächs thematisiert werden.

Zunächst wird an einem Beispiel vorgeführt, wie Ungleichungen durch Äquivalenzumformungen gelöst werden können. Anschließend folgen Aufgaben, an denen die erworbene Kompetenz eingeübt werden soll. Diese Aufgaben sind hier nicht dargestellt. Da in diesem Aufgabenblatt noch nicht über die Kenntnisse, die die Schülerinnen und Schüler beim Lösen von Gleichungen erworben haben, hinausgegangen wird, handelt es sich um eine Anwendung bekannter Inhalte im neuen Kontext der Ungleichungen.

Methodisch ist es jedoch im Sinne des Bruner'schen Spiralprinzips wichtig, zum Einstieg das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren. Darüber hinaus erlaubt eine numerische Erkundung die Vernetzung der symbolischen und graphischen Darstellung. Die Schaffung des Problembewusstseins für die Äquivalenzumformungen bei Ungleichungen (Abbildung 4) ist abstrakter und erfolgt daher im Anschluss.

Ungleichungen Aufgabenblatt 2

Ungleichungen durch Äquivalenzumformungen lösen

Ungleichungen können wie Gleichungen durch Äquivalenzumformungen gelöst werden.

Beispiel: Löse die Ungleichung $4x + 3 < 2x - 2$.

Die Ungleichung wird so umgeformt, dass alle Ausdrücke mit x auf der linken Seite und alle Ausdrücke ohne x auf der rechten Seite stehen:

$$\begin{array}{l|l} 4x + 3 < 2x - 2 & | - 2x \\ \Leftrightarrow 2x + 3 < -2 & | - 3 \\ \Leftrightarrow 2x < -5 & | :2 \\ \Leftrightarrow x < -\frac{5}{2} \end{array}$$

Alle Zahlen x , die kleiner als $-\frac{5}{2}$ sind, erfüllen die Ungleichung.

Mithilfe von Funktionsgraphen kann man eine Probe machen.

Zeichne die Geraden mit den Gleichungen $y = 4x + 3$ und $y = 2x - 2$. Man erkennt, dass für $x < -\frac{5}{2}$ die rote Gerade über der blauen liegt.

Von den Gleichungen her bist du es gewohnt, eine Probe durch Einsetzen von Zahlen zu machen. Da die Ungleichung unendlich viele Lösungen hat, kann man durch Einsetzen einiger Werte nur Stichproben machen:

$$\begin{aligned} -4 \text{ ist kleiner als } -\frac{5}{2} : & 4 \cdot (-4) + 3 = -16 + 3 = -13 \\ & 2 \cdot (-4) - 2 = -8 - 2 = -10 \end{aligned}$$

Da $-13 < -10$ ist, ist -4 eine Lösung der Ungleichung.

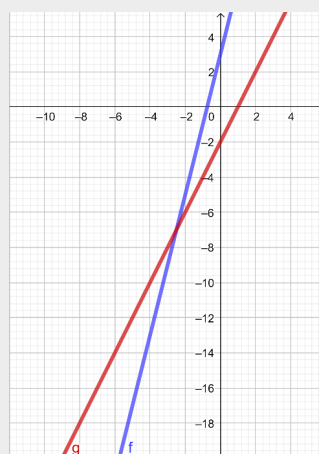


Abbildung 3: Vorgeführtes Lösen einer Ungleichung mit algebraischen Methoden

Das zweite Arbeitsblatt zu den Äquivalenzumformungen bei Ungleichungen (Aufgabenblatt 3 der Sequenz) nimmt die Probleme bei Multiplikation mit und Division durch negative Zahlen in den Blick. Wiederum beginnt das Blatt mit

einem Informationsabschnitt, bevor die eigentlichen Aufgaben folgen (Abbildung 4). In diesem Informationsabschnitt wird das Problem dadurch bewusst gemacht, dass zwei Lösungsversuche vorgeführt werden, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Bevor die Schülerinnen und Schüler selbstständig Ungleichungen lösen, bei denen sie mit dem Problem der negativen Zahlen in Berührung kommen, müssen sie zunächst die anzuwendende Regel finden und möglichst auch begründen. Weder die Regel noch die Begründung werden vorgegeben, sodass in dieser Aufgabensequenz (Abbildung 5) eigenes Erforschen gefordert ist.

Ungleichungen Aufgabenblatt 3

Probleme bei Äquivalenzumformungen von Ungleichungen

Bei der Lösung von Ungleichungen durch Äquivalenzumformungen muss man manchmal sehr gut aufpassen. Die Ungleichung $-x + 3 > 5$ wurde von Anna und Bernd auf unterschiedlichen Wegen umgeformt.

<u>Umformungen von Anna:</u>	<u>Umformungen von Bernd:</u>
$-x + 3 > 5$	$-x + 3 > 5$
$3 > 5 + x$	$-x > 5 - 3$
$3 - 5 > x$	$-x > 2$
$-2 > x$	$x > -2$
$x < -2$	

Da die Ergebnisse unterschiedlich sind, muss mindestens einer von ihnen einen Fehler gemacht haben.

Abbildung 4: Schaffung eines Problembewusstseins für Schwierigkeiten bei Äquivalenzumformungen

In Aufgabe 1 (Abbildung 5) sollen die Schülerinnen und Schüler die Lösungsschritte der vorgeführten Beispiele nachvollziehen. In den Aufgaben 2 und 3 sollen sie mit unterschiedlichen Methoden entscheiden, welche der beiden Lösungen richtig ist. Die rechnerische Methode mit Einsetzen kann dabei nur die falsche Lösung herausfinden. Für die Richtigkeit der anderen Lösung gibt sie allenfalls Indizien. Die graphische Darstellung liefert auch eine Verifikation.

Die Aufgaben 1 bis 3 nutzen nur bereits erworbene Kompetenzen und sollten von nahezu allen Schülerinnen und Schülern zu bewältigen sein.

In Aufgabe 4 soll der Fehler bei der falschen Vorgehensweise gefunden werden. Dazu erstellen die Schülerinnen und Schüler zu den einzelnen Umformungsschritten in der Lösung jeweils eine Graphik. Sie werden dabei feststellen, dass nach der Division durch die negative Zahl die Lösungsmenge nicht mehr mit der in den vorhergegangenen Schritten übereinstimmt. Auch wenn in der Aufgabe die einzelnen zu zeichnenden Geraden benannt werden, ist hier doch eine größere Kreativität gefordert.

In den Aufgaben 5 und 6 wird eine Regel für die Division von Ungleichungen durch eine negative Zahl formuliert und an weiteren Beispielen die Gültigkeit der Regel überprüft. An dieser Stelle sollte durch die Lehrkraft geprüft werden, ob die Regel richtig formuliert wurde. Eventuell muss die Lehrkraft auch selber Beispiele zur Überprüfung der Regel vorgeben.

In Aufgabe 7 wird die gefundene Regel angewendet. Die Schülerinnen und Schüler werden die Erfahrung machen, dass die Division durch negative Zahlen immer vermieden werden kann, wenn die Terme mit der Variablen und die ohne Variable geeignet auf die Seiten der Ungleichung sortiert werden.

In Aufgabe 8 kann an der richtigen Lösung begründet werden, warum das Ungleichheitszeichen umgedreht werden muss. Diese Aufgabe hat ein hohes Anspruchsniveau und bleibt den leistungsstarken Schülerinnen und Schülern vorbehalten.

Aufgaben

1. Notiere bei jedem Schritt von Anna und Bernd, welche Umformung durchgeführt worden ist.
2. Kontrolliere durch Stichproben, wer von den beiden wohl richtig umgeformt hat.
3. Stelle die Graphen der Funktionen mit den Gleichungen $f(x) = -x + 3$ und $g(x) = 5$ in einem Koordinatensystem dar. Prüfe an den Graphen, wer die richtige Lösung der Ungleichung gefunden hat.
4. Stelle die Graphen der Funktionen jeweils in einem Koordinatensystem dar. Sie entsprechen den Umformungsschritten von Bernd. Markiere in jedem Graphen die x -Werte, die die Ungleichung erfüllen.
 - a) $f(x) = -x + 3$ und $g(x) = 5$
 - b) $f(x) = -x$ und $g(x) = 2$
 - c) $f(x) = x$ und $g(x) = -2$

An den Graphen kannst du feststellen, an welcher Stelle Bernd falsch vorgegangen ist.

5. Formuliere eine Regel: „Wenn man eine Ungleichung auf beiden Seiten durch eine negative Zahl dividiert, muss man ...“
6. Überprüfe deine Regel an selbst gewählten Beispielen.
7. Löse die Ungleichungen. Bei manchen Ungleichungen musst du die gefundene Regel beachten.
 - a) $2x + 3 > 4x - 5$
 - b) $3x - 6 < x + 4$
 - c) $x - 4 < 4x + 2$
 - d) $2x + 1 > 6x - 7$
 - e) $-2x + 5 < 3x - 25$
 - f) $6x + 4 > 3x - 8$
 - g) $-\frac{1}{2}x + 3 > 2x - 1$
 - h) $\frac{3}{4}x - 1 < \frac{5}{2}x - 7$
8. Bei den Umformungen von Anna musste nicht durch eine negative Zahl dividiert werden. Mit den Umformungen von Anna kannst du begründen, warum das Ungleichheitszeichen umgedreht werden muss, wenn man durch eine negative Zahl dividiert.

Abbildung 5: Aufgabensequenz zur Erforschung, Anwendung und Begründung der Regel für den Umgang mit negativen Zahlen bei Äquivalenzumformungen von Ungleichungen

2.2 Betragsgleichungen und Betragsfunktionen

Im Lehrerkommentar (Abbildung 6) wird zunächst der Anschluss an den Regelunterricht hergestellt, es wird benannt, welche Ziele aus dem Kernlehrplan angestrebt werden, und die weiterführenden Ziele bezüglich der neuen Inhalte werden angeführt. Wie bei allen Lehrerkommentaren werden die erforderlichen Vorkenntnisse für die gesamte Sequenz der Aufgabenblätter aufgelistet.

Der Einsatz ist möglich als Erweiterung der Unterrichtsinhalte zum Themenbereich der linearen Funktionen. Die Aufgaben dienen einerseits dazu, die inhaltlichen Kompetenzen zu den linearen Funktionen aus dem Unterricht zu trainieren und im neuen Kontext der Betragsfunktionen anzuwenden. Andererseits werden Kenntnisse über Betragsfunktionen auf unterschiedlichen Niveaustufen erworben.

Konkrete Voraussetzungen für den Einsatz der Materialien:

- Der Funktionsbegriff und die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten von Funktionen (Graph, Tabelle, Text, Term) müssen beherrscht werden.
- Geradengleichungen müssen bekannt sein.
- Die Bedeutung der Formvariablen in den Gleichungen (Steigung und Achsenabschnitt) muss bekannt sein.

- Die Schülerinnen und Schüler müssen mit einer DGS, z. B. GeoGebra, umgehen können, sodass sie Geraden darstellen können.
- Die DGS sollte für die Unterrichtsstunden, in denen die Aufgabenblätter eingesetzt werden, zur Verfügung stehen.

Die Schülerinnen und Schüler sollten Bilder aus Strecken zusammensetzen können. Insbesondere sollte ihnen bekannt sein, wie man den Definitionsbereich so einschränkt, dass nur ein Teil des Funktionsgraphen im Koordinatensystem dargestellt wird.

Betragsfunktionen kennenlernen

Es ist davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler den absoluten Betrag bereits im Unterricht kennengelernt, bisher jedoch keine Funktionsterme mit Beträgen behandelt haben. Deshalb müssen sie zunächst motiviert werden, einen Nutzen in der funktionalen Betrachtung zu sehen. Das geschieht, indem ihnen gezeigt wird, dass man mit diesen Funktionen Bilder mit geringerem Aufwand erstellen kann als bei Verwendung von mehreren linearen Funktionen.

Im Lehrerkommentar wird das für das Aufgabenblatt 1 genauer ausgeführt (Abbildung 6). Abbildung 7 zeigt das zugehörige Schüleraufgabenblatt.

Aufgabenblatt 1 geht von den Vorkenntnissen der Schülerinnen und Schüler aus. Zum Start sollen sie in Aufgabe 1 ein Quadrat aus Strecken zeichnen. Dabei werden sie in der Regel auf die bekannten Funktionen zurückgreifen und vier verschiedene Terme linearer Funktionen, jeweils eingeschränkt auf einen geeigneten Bereich, verwenden. Sie nutzen hier ihre bereits im vorhergehenden Regelunterricht erworbene Kompetenz, zu einer vorgegebenen Geraden eine Funktionsgleichung zu erstellen.

Anschließend wird das Ziel des Aufgabenblattes formuliert: Mit anderen Funktionen können solche Bilder einfacher erstellt werden. Dazu wird in der zweiten Aufgabe die noch unbekannte Betragsfunktion vorgegeben. Sie wird zunächst als Black Box eingesetzt. Die neue Funktion erzeugt die untere Hälfte des Quadrates. Die Schülerinnen und Schüler beobachten und beschreiben das entstehende Bild.

Für den oberen Teil des Quadrates muss gespiegelt und verschoben werden. Da an dieser Stelle in der Regel Parabeln im Unterricht noch nicht manipuliert worden sind, müssen die Schülerinnen und Schüler experimentieren, um die passenden Modifikationen des Funktionsterms zu finden. Dazu werden sie in den nachfolgenden Aufgaben angeleitet.

In Aufgabe 3 wird genauer untersucht, welche arithmetische Eigenschaft die Betragsfunktion hat. Es ist nicht unbedingt zu erwarten, dass die Schülerinnen und Schüler bereits unmittelbar aus dem Graphen erkennen werden, dass das Vorzeichen von negativen Argumenten positiv wird. Daher wird ihnen als Hilfestellung ein Darstellungswechsel empfohlen. Sie nutzen und erweitern dabei in einem neuen Kontext ihre Kompetenz, eine Wertetabelle zu erstellen und daraus Informationen zu gewinnen.

Abbildung 6: Lehrerkommentar zum ersten Aufgabenblatt

Durch Parametervariation wird in Aufgabe 4 der obere Teil des Quadrates erzeugt. Die Strategie des systematischen Probierens mit immer neuer Veränderung der Geradengleichung ist sinnvoll, aber auch langwierig. Günstiger ist es, die Variationen mithilfe eines Schiebereglers durchzuführen. Für den Fall, dass diese Kompetenz noch nicht erworben worden ist, ist eine Hilfe in den Aufgabentext eingebaut.

Aufgabe 1 ist eine reine Übungsaufgabe zu den linearen Funktionen. Sie knüpft damit direkt an den vorhergehenden Unterricht an. Aufgabe 2 kann

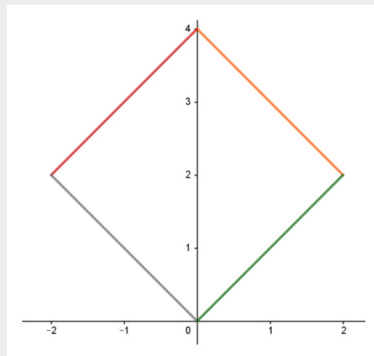
ebenfalls von allen Schülerinnen und Schülern gelöst werden, da sie nur eine Eingabe im Geometrieprogramm verlangt. Leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler, die auch Lösungen zu den Aufgaben 3 und 4 erarbeitet haben, können diese anschließend für die gesamte Lerngruppe vorstellen. Besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler können formulieren, welchen Einfluss die Parametervariationen auf die Form der Graphen haben. Der Einfluss des Vorfaktors und der Einfluss des Summanden sind dabei aus der Betrachtung der linearen Funktionen bekannt und werden auf die neue Funktionsklasse übertragen.

Bilder mit Betragsfunktionen erstellen

Betragsfunktionen Aufgabenblatt 1

Bilder mit Betragsfunktionen erstellen

1. *Erstelle mit einem Geometrieprogramm dieses Bild mit einem Quadrat. Verwende dabei nicht das Vieleck-Werkzeug, sondern nutze Funktionen. Notiere, welche Funktionen du verwendet hast.*



Hier lernst du neue Funktionen kennen, sodass du das Bild einfacher erstellen kannst.

2. *Gib in der Eingabezeile ein: $f_1(x)=|x|$, $(-2 \leq x \leq 2)$. Beobachte, was auf dem Zeichenblatt dargestellt wird. Notiere die Beobachtung.*

Die hier verwendete Funktion nennt man Betragsfunktion. Sie wird mit je einem senkrechten Strich links und rechts geschrieben.

3. *Beschreibe in eigenen Worten, welche Eigenschaft die Betragsfunktion hat.*
Tipp: Als Hilfe kannst du eine Wertetabelle erstellen.
4. *Verändere nun die Funktion f_1 , sodass der obere Teil des Quadrates dargestellt wird. Suche dazu einen geeigneten Vorfaktor vor $|x|$ und einen geeigneten Summanden. Du kannst systematisch probieren oder Schieberegler verwenden.*
Tipp: Um einen Schieberegler zu erzeugen, kannst du als die Funktionsgleichung $f(x)=a \cdot |x|$ eingeben. In dem Fenster, das sich dann öffnet, wählst du den Button „Erstelle Schieberegler“.

Abbildung 7: Einstieg in die Untersuchung von Betragsfunktionen

Transformation von Betragsfunktionen

Es folgen zwei weitere Aufgabenblätter, in denen die Transformationen angewendet und damit eingeübt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen zwei weitere Bilder mit Betragsfunktionen erzeugen (Abbildung 8 und Abbildung 9).

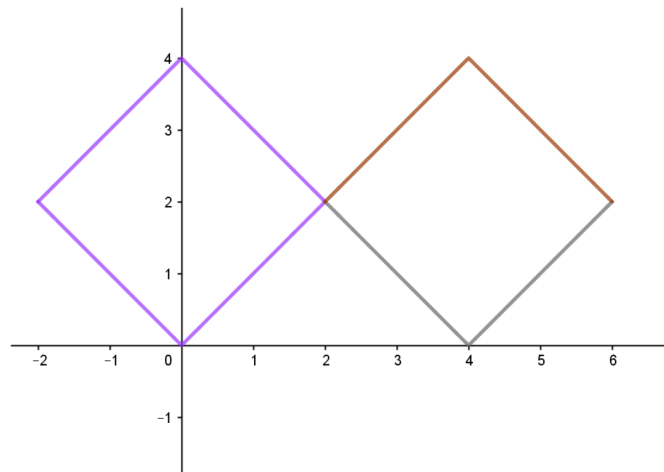


Abbildung 8: Zwei Quadrate aus Graphen von Betragsfunktionen durch Verschiebung entlang der x-Achse

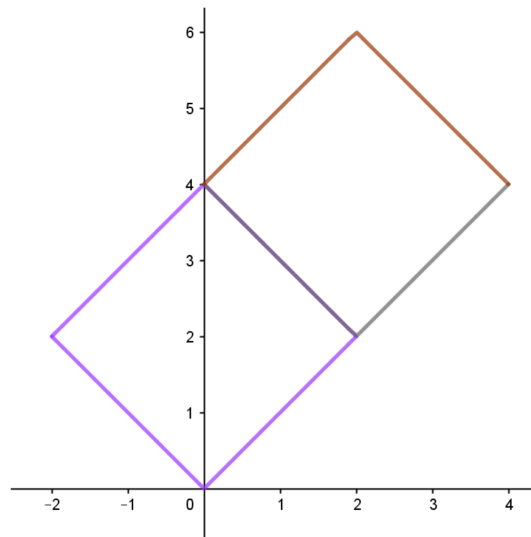


Abbildung 9: Ein Quadrat wird diagonal verschoben

Ausführlich dargestellt wird nachfolgend das Arbeitsblatt 4, das sich mit den Schnittpunkten der Graphen von Betragsfunktionen beschäftigt. Es dient als Vorbereitung auf die systematischen Untersuchungen von Betragsgleichungen, indem die Betragsfunktionen zunächst durch aneinandergesetzte lineare Funktionen dargestellt werden (Abbildung 10).

Hierbei ist zu betonen, dass die Schülerinnen und Schüler Aufgaben mit unterschiedlichem Niveau wählen können. Auch die Erkundung weist das Potenzial aus, das Quadrat in andere Richtungen zu verschieben und diese Transformation zu erfassen. In dieser Kombination wird auch die vielfältige Gestaltung der Lernmaterialien deutlich, die den Dreischritt aus Erkunden, Systematisieren und Sicherung unterstützen. In den Abbildungen 10 und 11 sind die Aufgaben und ausgewählte Lösungsvorschläge der Materialien dargestellt. Diese sind durch die folgenden Kommentare im Material für die Lehrkräfte ergänzt, wobei hier im Artikel nur der Auszug zu den beiden kreativen Aufgaben 4 und 5 dargestellt wird.

Schnittpunkte der Graphen von Betragsfunktionen

1. Betrachte die Graphen der Funktionen $f_1(x) = |x|$ und $f_2(x) = \frac{1}{2} \cdot x + 3$. Wie viele Schnittpunkte haben die Graphen?
 2. Die Koordinaten der Schnittpunkte kannst du bei diesem einfachen Beispiel aus der Graphik ablesen. Versuche nun, die Koordinaten zu berechnen.
Tipp: Du kannst den linken und den rechten Teil des Graphen der Betragsfunktion durch lineare Funktionen beschreiben.
 3. Berechne auch die Schnittpunkte für
 - a) $f_1(x) = |x|$ und $f_3(x) = -\frac{1}{2} \cdot x + 3$
 - b) $f_4(x) = 2 \cdot |x|$ und $f_5(x) = \frac{3}{4} \cdot x + 2$
- Kontrolliere deine Ergebnisse durch eine graphische Darstellung.
4. Bestimme Gleichungen einer Betragsfunktion und einer linearen Funktion, sodass die Graphen nur einen Schnittpunkt bzw. gar keinen haben. Überprüfe mit der DGS.
 5. Ist es auch möglich, mehr als zwei Schnittpunkte zu erhalten? Begründe deine Entscheidung.

Abbildung 10: Aufgaben des Arbeitsblattes zu Schnittpunkten von Graphen der Betragsfunktion

Anspruchsvoller sind die Lösungen der Aufgaben 4 und 5: Vom Text der Aufgabe 4 her sollen zunächst Funktionsgleichungen angegeben werden, sodass die theoretische Durchdringung im Vordergrund steht. Die Graphik wird zur Überprüfung eingesetzt. Schülerinnen und Schüler können die Aufgabe auch durch systematisches Probieren auf der graphischen Ebene lösen, eine formellere Schreibweise sollte vertiefend aber initialisiert werden. In Aufgabe 5 kann die allgemeingültige Begründung nicht durch die Betrachtung von Beispielen geleistet werden. Hier ist die Argumentationskompetenz gefordert. Eine mögliche Argumentation kann in drei Schritten erfolgen:

1. Die Betragsfunktion wird in zwei lineare Funktionen aufgespalten.
2. Zwei lineare Funktionen haben höchstens einen Schnittpunkt.
3. Damit kann es höchstens zwei Schnittpunkte zwischen den Graphen einer Betragsfunktion und einer linearen Funktion geben.

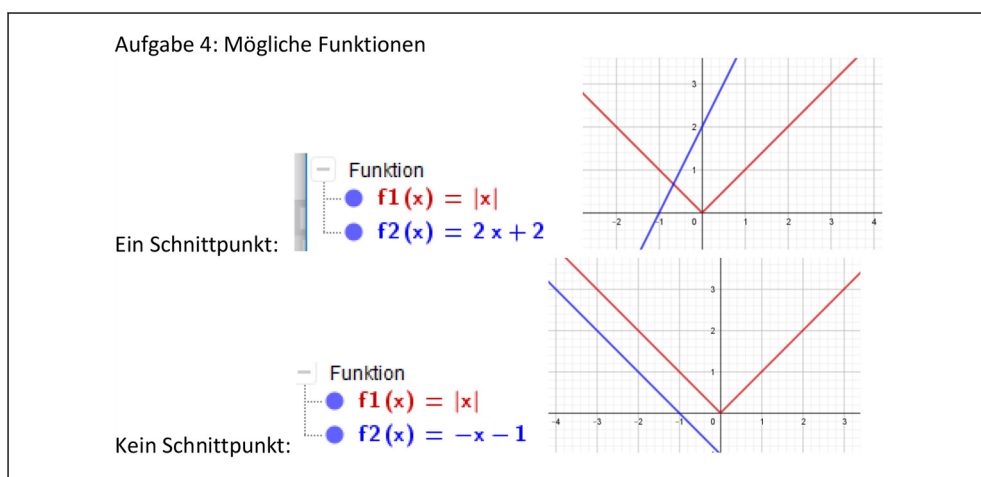


Abbildung 11: Musterlösungen zu den Aufgaben 4 und 5 für die Lehrkräfte

2.3 Periodische Funktionen

Die trigonometrischen Funktionen sind ein für die WiMINT-Studiengänge relevanter Themenbereich, der im aktuellen Kernlehrplan für Gymnasien durch

verschiedene Kompetenzerwartungen abgebildet ist (MSB, 2019, S. 33 f.). Dementsprechend wurden im Rahmen des SINUS-Projekts auch zu diesem Themenbereich ebenfalls differenzierende Arbeitsmaterialien entwickelt.

Grundvorstellungen der Periodizität

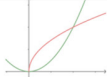
Periodizität in einem etwas weiteren Sinne tritt aber auch in schulmathematischen Inhalten außerhalb trigonometrischer Funktionen auf (s. a. Frohn & Salle, 2017). Im Leitartikel „Periodische Prozesse“ geben Daniel Frohn und Alexander Salle einige Beispiele: Die Folge der Endziffern von bekannten Zahlenfolgen, z. B. Folge der geraden Zahlen, Folge der Quadratzahlen, die Dezimalentwicklung periodischer Dezimalzahlen, Bandornamente und Parkette usw. Periodizität ist also ein Phänomen, für das es in vielen unterschiedlichen Themengebieten und Jahrgängen Anknüpfungspunkte gibt.

Damit Schülerinnen und Schüler über die Jahrgangsstufen hinweg ein tragfähiges Verständnis periodischer Zusammenhänge entwickeln können, bedarf es passender Grundvorstellungen, also mentaler Modelle, die mathematische Inhalte an Handlungen oder Erfahrungswissen der Lernenden knüpfen (vom Hofe & Blum, 2016). Daniel Frohn und Alexander Salle nennen zusammen mit Johanna Heitzer (Frohn & Salle, 2017) folgende Grundvorstellungen zur Periodizität:


- Teil-Ganzes-Vorstellung
- Symmetrievorstellung
- Prognosevorstellung

Einführung der periodischen Funktionen zick und zack

Im entwickelten Material geht es insbesondere darum, dass die Schülerinnen und Schüler periodische Prozesse und Muster erkennen, einen Fundamentbereich (in dem alle Informationen enthalten sind) identifizieren und selbstständig eigene periodische Muster erzeugen.



Vertiefung mathematischer Kompetenzen durch differenzierenden Unterricht
SINUS.NRW

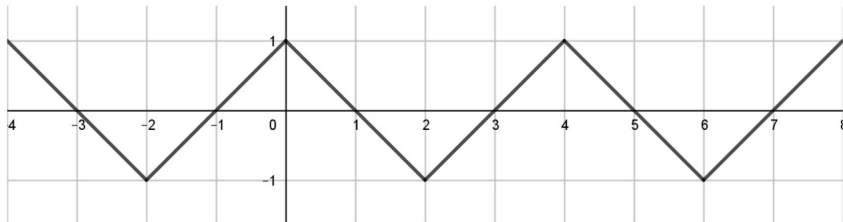


Periodische Funktionen zick&zack Aufgabenblatt 1a

Einführung der Funktion zick

Bearbeite dieses Aufgabenblatt in Partnerarbeit: Einer hat das Blatt 1a mit dem Graphen der zick-Funktion, der andere das Blatt 1b mit dem Graphen einer anderen Funktion.

Jeder beschreibt zunächst schriftlich den Verlauf des Graphen, der auf dem eigenen Arbeitsblatt abgebildet ist. Anschließend werden die Arbeitsblätter an der Faltkante geknickt und so an den Partner weitergegeben, dass dieser den Graphen nicht sehen kann. Die Partner zeichnen nur nach der Beschreibung den Graphen in das Koordinatensystem unten auf der Seite.



Faltkante:

Meine Beschreibung des Graphen:

Abbildung 12: Auszug aus dem Arbeitsblatt 1a mit der Darstellung der Funktion „zick“ und dem Arbeitsauftrag

Lineare Funktionen sind den Schülerinnen und Schülern bereits bekannt. Über stückweise lineare Funktionen kann man die „zick-Funktion“ definieren, wie sie in Abbildung 12 dargestellt ist. Auch eine Verbindung zur Betragsfunktion ist möglich, wenn die Ausgangsfunktion unterschiedlich verschoben und gespiegelt wird. Die Lernenden erhalten also zur Einführung der „zick-Funktion“ zuerst eine Abbildung des Funktionsgraphen verbunden mit der Aufgabe, schriftlich den Verlauf des Graphen anhand des Graphen zu beschreiben. Gleichzeitig beschreibt die Mitschülerin den Verlauf der zack-Funktion (Abbildung 13), die vom Mitschüler entsprechend der Beschreibung skizziert werden sollte.

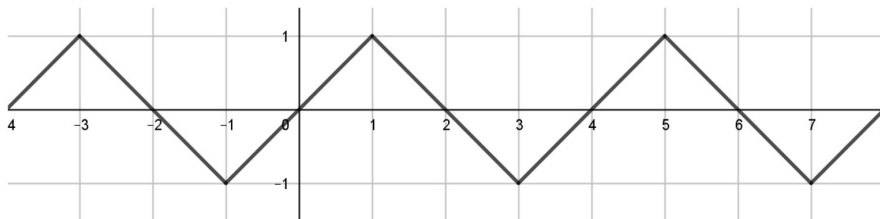


Abbildung 13: Graph der zack-Funktion

Mit periodischen Funktionen kann man rechnen

Nach dem ersten Erkunden und der Definition der zick- und zack-Funktion werden die Schülerinnen und Schüler ermutigt, mithilfe der zick- und zack-Funktion durch Addition, Subtraktion und Multiplikation interessante Funktionsgraphen und Muster zu erzeugen. Dieses Vorgehen bedient sich nach dem Konzept von Bruder und Reibold (2010) insbesondere der Strategie, offene und selbstdifferenzierende Aufgaben zu stellen.

Hierzu gibt es zuerst ein anleitendes Arbeitsblatt (Abbildung 14). Danach sollen die Schülerinnen und Schüler erkunden, dass man Funktionsgraphen nicht nur verschieben kann: In der Grundvorstellung einer Funktion als Graph soll deutlich werden, dass man mit den Funktionstermen und mit den Graphen rechnen kann: Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren.

Aufgaben:

1. Überprüft, ob der Graph der Summenfunktion $zick(x) + zack(x)$ richtig eingezeichnet wurde, indem ihr dies an den Stellen der Knickpunkte von zick und denen von zack über dem Intervall $[0, 4)$ überprüft. Begründet, dass die Überprüfung an diesen vier Stellen genügt und die dazwischenliegenden Punkte nicht mehr überprüft werden müssen.
2. Zeichnet ohne Zuhilfenahme von GeoGebra den Graphen von $f(x) = zick(x) + zick(x - \frac{1}{2})$. Erstellt gegebenenfalls eine Tabelle mit den Punkten, die ihr dafür braucht: die Knickpunkte von $zick(x)$ und die von $zick(x - \frac{1}{2})$.
3. Zeigt, dass für alle Werte von x gilt:
 $zick(x) + zick(x - 1) + zick(x - 2) + zick(x - 3) = 0$.

Abbildung 14: Ausschnitt aus dem Arbeitsblatt 4

Im Rahmen eines Unterrichtsgesprächs kann beispielsweise die Entstehung der Graphen in Abbildung 15 erläutert werden. Das Diagramm enthält die Graphen der Funktionen $zick(x)$, $zack(x)$ und der summierten Funktion $zick(x) + zack(x)$. Der Graph der summierten Funktion ist etwas dicker gezeichnet.

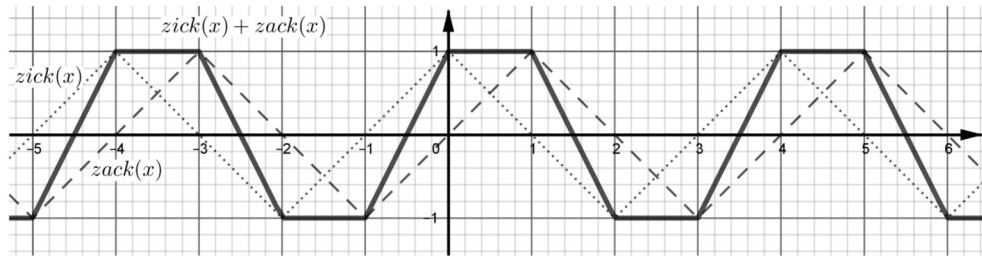


Abbildung 15: Ausschnitt aus dem Arbeitsblatt 4, dem Graphen der summierten Funktion $zick(x) + zack(x)$

Bei der Erkundung der Summenfunktion hat sich herausgestellt, dass die kommunikativen Kompetenzen und die Verwendung von Fachbegriffen und Fachsprache sehr bedeutsam sind. Im Rahmen des Konzepts zur Binnen-differenzierung nach Bruder und Reibold (2010) ist hier darauf zu achten, die Organisations- und Sozialformen des Lernens abzuwechseln. In der darauffolgenden offenen Phase sollte dann jede Schülerin und jeder Schüler die Möglichkeit haben, einen individuellen und interessanten Graphen durch Verknüpfung der Graphen der zick- und zack-Funktion zu erschaffen.

3 Fazit und Ausblick

In welchem Maße gelingt durch die erstellten Arbeitsmaterialien eine Differenzierung nach oben, die für alle Schülerinnen und Schüler bereichernd ist? Hierzu ist darzulegen, welche Erfahrungen die Kolleginnen und Kollegen mit den erstellten Materialien im eigenen Unterricht gemacht haben.

Wichtige Faktoren zum Gelingen

Lässt sich der unterrichtspraktische Einsatz verallgemeinern oder dominiert die persönliche Note, sodass möglicherweise der Einsatz im eigenen Unterricht mit Blick auf die bekannten Schülerinnen und Schüler besser gelingt? Der Effekt ist schwer abzuschätzen, denn in jedem Fall hängt der Erfolg des Einsatzes auch von der bisherigen Unterrichtspraxis im Kurs ab. Darüber hinaus wurden zwar methodisch-didaktische Prinzipien zur Umsetzung herangezogen, jedoch spielen auch die folgenden Faktoren in der aktuellen Unterrichtssituation eine Rolle:

- Interesse der Schülerinnen und Schüler an einer herausfordernden Aufgabe,
- Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler zur selbstständigen Erarbeitung,
- Lern- und Arbeitsverhalten der gesamten Lerngruppe.

Hinsichtlich der Persönlichkeit der Lehrkraft sind folgende Aspekte wichtig:

- Die Bereitschaft der Lehrperson, d. h. besonderes Vertrauen in die Leistungsfähigkeit und die Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler,
- Abgabe eines Teils der unterrichtlichen Kontrolle (insbesondere in die Lernprozesse),
- Abschied von der eigenen Erwartung der Lehrkraft, dass alle Schülerfragen sofort und abschließend beantwortet werden können.

Als Konsequenz ergibt sich beispielsweise ein möglicher „typischer“ Einsatz im Unterricht der Klasse 8: Die Lehrkraft hat mit den Schülerinnen und Schülern

das Thema der linearen Funktionen mit einigen Anwendungen erarbeitet und ermöglicht auf diesem Wege allen Lernenden die Bearbeitung einzelner bis aller Arbeitsaufträge der Arbeitsblätter zu Ungleichungen und Betragsgleichungen. Dieses Vorgehen greift insbesondere auch die Elemente der Motivations- theorie von Deci und Ryan auf (Erleben von Kompetenz, Erleben von Autonomie, Erleben von sozialer Eingebundenheit).

Einsatz des Materials für alle Schülerinnen und Schüler

In mehreren achten Klassen wurden die Arbeitsblätter zu linearen Funktionen im Unterricht eingesetzt. Dabei konnten alle Schülerinnen und Schüler an ihren Basisfertigkeiten arbeiten und auch die linearen Funktionen in GeoGebra umsetzen. Die leistungsstärkeren Schülerinnen und Schüler konnten weitgehend selbstständig an den weiteren Arbeitsblättern arbeiten, die Aufgaben lösen und im Rahmen einer Gruppenarbeit die Ergebnisse diskutieren. Die Schülerinnen und Schüler mit größerem Unterstützungsbedarf mussten dagegen häufig zur Weiterarbeit aufgefordert werden und untersuchten vielmehr weitere Funktionen in GeoGebra. Sie konnten die weiteren Aufgaben nicht selbst lösen und auch wenig eigene Ideen hierzu entwickeln, jedoch den Lösungen der leistungsstärkeren Lernenden im Allgemeinen folgen.

Ausblick

Die Arbeitsblattserie zu den Ungleichungen und linearen Funktionen wurde auch in zwei Vertiefungskursen der Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe eingesetzt. Hier wurden sehr positive Unterrichtserfahrungen gemacht, da die interessierteren Schülerinnen und Schüler sehr frei an den selbst gewählten Aufgaben arbeiten konnten. Die zu bearbeitenden Aufgaben (der Klasse 8) stellten in der Einführungsphase eine Wiederholung auf höherem Niveau dar. Die bereits bekannten Inhalte wurden vertieft und auf höherem Niveau vernetzt.

In dieser Hinsicht könnten auch die aus dem Unterricht bekannten Funktionenklassen (z. B. der ganzrationalen Funktionen und Exponentialfunktionen) mit den gebrochen-rationalen Funktionen bzw. den trigonometrischen Funktionen verknüpft werden. Dies würde zahlreiche Anwendungen aus den WiMINT-Studiengängen in den Blick nehmen und im Sinne der Mathematik interessante Beispiele für die allgemeinen Konstrukte der Differential- und Integralrechnung bereitstellen.

Literatur

- Barzel, B., Büchter, A. & Leuders, T. (2007). *Mathematik-Methodik, Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Bruder, R. & Reibold, J. (2010). Weil jeder anders lernt. Ein alltagstaugliches Konzept zur Binnendifferenzierung. *Mathematik lehren*, 27 (162), 2–9.
- Deci, E. & Richard R. (1993). Die Selbstbestimmung der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39 (2), 223–238.
- Deschauer, S., Körner, H., Meyer, J., Greefrath, G., Hoffmann, M. & Koepf, W. (2018). „Mathematik in Schule und Hochschule – wie groß ist die Lücke und wie gehen wir mit ihr um?“ *Der Mathematikunterricht*, 64 (5), 55–56.
- Frohn, D. & Salle, A. (2017). Periodische Prozesse. *Mathematik lehren*, 34 (204), 2–4.
- Geldermann, C., Padberg, F. & Sprekelmeyer, U. (2016). Rahmenbedingungen für erfolgreichen Mathematikunterricht / Angemessenheit der Arbeitsweisen und des Anspruchsniveaus. In C. Geldermann, F. Padberg & U. Sprekelmeyer, *Unterrichtsentwürfe Mathematik Sekundarstufe II* (S. 19 ff.). Berlin: Springer Spektrum.

- Heymann, H. W. (1991). Innere Differenzierung im Mathematikunterricht. *Mathematik lehren*, 8 (49), 2–9.
- Lenzen, D. (Hrsg.) (1989). *Pädagogische Grundbegriffe* (Band 1). Reinbek: Rowohlt.
- Leuders, T. & Prediger, S. (2016). *Flexibel differenzieren und fokussiert fördern im Mathematikunterricht*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Matthäus, H. & Matthäus, W.-G. (2012). *Mathematik für BWL-Bachelor: Übungsbuch*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Meyer, H. (1987). *Unterrichtsmethoden I: Theorieband*. Frankfurt am Main: Cornelsen Scriptor.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen*. Mathematik (Bd. 3401). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2007). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I (G8) in Nordrhein-Westfalen*. Mathematik (Schule in NRW, Bd. 3401: (G8), 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen*. Mathematik (Schule in NRW, Bd. 4720, 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Roß, J. & Kaufmann, S. (2019). *SINUS.NRW: Mathematik ohne Hilfsmittel. Illustrierende Aufgaben zu den Kompetenzerwartungen am Ende der Sekundarstufe I* (Beiträge zur Schulentwicklung | Praxis). Münster: Waxmann.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10); [Beschluss vom 4.12.2003]* (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz). München: Wolters Kluwer.
- Ulm, V. (2005). *Mathematikunterricht in der Sekundarstufe für individuelle Lernwege öffnen*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Ulm, V. (2010). Das ist neu, das erforsche ich! Einstiege differenzierend gestalten. *Mathematik lehren*, 27 (162), 10–13.
- Vollrath, H.-J. (2014). Funktionale Zusammenhänge. In H. Linneweber-Lammerskitten (Hrsg.), *Fachdidaktik Mathematik, Grundbildung und Kompetenzaufbau im Unterricht der Sek. I und II*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Vom Hofe, R. & Blum, W. (2016). „Grundvorstellungen“ as a Subject-Matter Didactics Category. *Journal für Mathematikdidaktik*, 37 (1), 225–254.
- Wambach, H. (2001). *Modelle der Begabtenförderung. Vielfältige Möglichkeiten zur Begabtenförderung in der Schule*. Köln: Bezirksregierung.

Projektgruppe

Dr. Christina Diehl, Münster
 Dr. Thomas Giebisch, Remscheid
 Gaby Heintz, Neuss
 Steffen Heyroth, Essen
 Matthias Lippert, Remscheid
 Dr. Frederick Magata, Düsseldorf
 Stefan Möllenberg, Düsseldorf
 Dr. Holger Reeker, Witten
 Burkhard Rüsing, Goch
 Michael Rüsing, Essen
 Ellen Voigt, Wuppertal

Wissenschaftliche Beratung und Unterstützung

Prof. Dr. Florian Schacht, Universität Duisburg-Essen (Didaktik der Mathematik)

Diskussionsbeitrag zum Einstieg in das Prüfungsgespräch im zweiten Teil der mündlichen Abiturprüfung im Fach Mathematik

Anregungen für die Gestaltung und die unterrichtliche Vorbereitung

ANDREAS BÜCHTER, SUSANN DREIBHOLZ, ULRICH HOFFERT

Ein Unterricht, der sich daran orientiert, mathematische Kompetenzen aufzubauen, muss sich auch daran messen lassen, inwieweit es in Prüfungssituationen gelingt, die aufgebauten Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler, im Abitur also der Prüflinge, angemessen zu überprüfen. Im zweiten Teil der mündlichen Abiturprüfungen „sollen vor allem größere fachliche und fachübergreifende Zusammenhänge in einem Prüfungsgespräch angesprochen werden“ (vgl. APO-GOST § 38 (4), MSB, 2020). Das Ziel dieses Projekts bestand darin, Ideen zur Gestaltung des Prüfungsgesprächs in Abiturprüfungen, aber auch zur Vorbereitung dieser für Schülerinnen und Schüler besonderen Prüfungssituation zu entwickeln. Dazu wurde im Rahmen dieser SINUS-Arbeitsgruppe ein Konzept entwickelt, wie durch *offenere Fragestellungen* in den zweiten Teil eingestiegen werden kann und inwiefern es gelingt, sich stärker an den Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler bzw. der Prüflinge zu orientieren, ohne diese weder zu überfordern noch zu kleinschrittig vorzugehen. Die zugrunde liegenden Überlegungen werden an ausgewählten Beispielen dargestellt und zusätzlich werden Anregungen gegeben, wie bereits im Unterricht die Schülerinnen und Schüler angemessen auf die offeneren Fragestellungen vorbereitet werden können.

Die dargestellten Vorschläge und Ideen sollen dazu anregen, über die im mündlichen Abitur zum Einsatz gebrachten Aufgaben und die Gestaltung des Prüfungsgesprächs nachzudenken und darüber mit Kolleginnen und Kollegen ins Gespräch zu kommen. Die Beispiele erheben nicht den Anspruch, alle Facetten und alle Möglichkeiten der Gestaltung des Prüfungsgesprächs abzubilden. Sie sind *ein* Vorschlag, der aus der Arbeit von Lehrkräften aus acht Schulen resultiert, die mit diesem Beitrag *ihren* Ansatz zur Diskussion stellen.

Die Arbeit dieses SINUS-Projekts knüpft an die entwickelten Konzepte für den Mathematikunterricht aller Inhaltsfelder der Oberstufe aus der vorangegangenen Projektphase (2014–2017) an. Die vorgestellten Unterrichtsideen ermöglichen Schülerinnen und Schülern einen kompetenzorientierten Mathematikunterricht, der sie zugleich auf die Anforderungen des Abiturs vorbereitet (Dreibholz, Hoffert & Büchter, 2018).

Wissenschaftliche Beratung und Unterstützung erhielt die Projektgruppe durch Prof. Dr. Andreas Büchter von der Universität Duisburg-Essen (Fakultät für Mathematik, Arbeitsbereich Didaktik der Mathematik).

1 Projektidee

Eine mündliche Abiturprüfung findet hinter geschlossenen Türen statt. Wenig dringt nach außen. Einen schulübergreifenden Austausch über Gestaltung, Struktur und Inhalte der Prüfung zwischen Lehrkräften findet man selten.

Die Vorgaben im Kernlehrplan Mathematik für die gymnasiale Oberstufe (MSW, 2014) geben erste Hinweise zur Umsetzung, doch fehlen konkrete Ideen und Beispiele zur Gestaltung. Genau hier setzt dieses SINUS-Projekt an.

Beispielhaft wurden zu verschiedenen Inhaltsfeldern kompetenzorientierte Prüfungsvorschläge für den zweiten Teil der mündlichen Abiturprüfung erarbeitet, in Simulationen ausprobiert und die Vorbereitung im Unterricht an unterschiedlichen Schulen erprobt. Allen Beispielen liegt dabei die Idee zugrunde, mit den Prüflingen in ein Fachgespräch einzusteigen, indem die Eingangsfrage offen formuliert ist und dem Prüfling dadurch verschiedene Zugänge zum Einstieg in die vorgegebene Thematik eröffnet, ohne zu einem weiteren längeren Schülervortrag wie im ersten Prüfungsteil zu animieren.

Im folgenden Kapitel werden zunächst zwei dieser Vorschläge aus den Inhaltsfeldern Analysis und Analytische Geometrie sowie die zugrunde liegenden Gestaltungskriterien dargestellt.

Anschließend wird die unterrichtliche Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler im Vorfeld der Prüfung mit konkreten Lösungsideen unter den folgenden Fragestellungen in den Fokus gerückt:

- Wie schafft man Transparenz über den Ablauf und die Leistungserwartungen in der mündlichen Prüfung?
- Wie kann es gelingen, die mathematischen Zusammenhänge eines Inhaltsfeldes zu strukturieren und auf diese Weise für die Prüfung nutzbar zu machen?
- Wie können Argumentations- und Begründungskompetenzen kontinuierlich aufgebaut werden?

Die erstellten Materialien haben exemplarischen Charakter. Sie sollen als Anregung für die eigene Unterrichts- und Prüfungspraxis angesehen werden und müssen an die jeweiligen schulischen und unterrichtlichen Voraussetzungen angepasst werden. Alle Materialien werden im Laufe des kommenden Jahres auf der Internetseite¹ zum Projekt bereitgestellt.

2 Materialien zur unterrichtlichen Vorbereitung und Gestaltung der mündlichen Abiturprüfung

2.1 Mündliche Abiturprüfung (Gesprächsteil)

Konstruktionsprinzipien

Die Abiturprüfung besteht gemäß APO-GOST² insgesamt aus drei zentral gestellten schriftlichen Prüfungen und (mindestens) einer mündlichen Prüfung. In den schriftlichen Prüfungen werden umfassende Aufgabenstellungen detailliert bearbeitet. Vor der Abgabe kann das Geschriebene noch einmal durchgesehen und bei Bedarf überarbeitet werden. In der obligatorischen mündlichen

¹ www.sinus.nrw.de.

² Vgl. § 21 APO-GOST (MSB, 2020).

Prüfung hingegen können die Schülerinnen und Schüler besondere Kompetenzen in den Bereichen der mündlichen (fachsprachlichen) Kommunikation und der überblicksartigen Thematisierung fachlicher und fachübergreifender Zusammenhänge zeigen³.

Der Kernlehrplan Mathematik für die gymnasiale Oberstufe enthält konzeptionelle Vorgaben für die Gestaltung von Lernerfolgsüberprüfungen im Allgemeinen und mündlichen Abiturprüfungen im Besonderen, u. a.:

Lernerfolgsüberprüfungen [müssen] darauf ausgerichtet sein [...], Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zu geben, Kompetenzen, die sie in den vorangegangenen Jahren erworben haben, wiederholt und in wechselnden Zusammenhängen unter Beweis zu stellen. [...]

In einem zweiten Teil [der mündlichen Abiturprüfung] sollen vor allem größere fachliche und fachübergreifende Zusammenhänge in einem Prüfungsgespräch angesprochen werden. Es ist nicht zulässig, zusammenhanglose Einzelfragen aneinanderzureihen.⁴

Dies bedeutet insbesondere, dass die Prüfungssituation unter der Perspektive der Kompetenzorientierung vonseiten der Fachprüferin bzw. des Fachprüfers und des Fachprüfungsausschusses so gestaltet sein sollte, dass die Schülerinnen und Schüler ihr prinzipiell vorhandenes Leistungsvermögen auch tatsächlich möglichst umfassend unter Beweis stellen können. Daher sollte der unvermeidliche Prüfungsstress durch die bewusste Gestaltung der Rahmenbedingungen der Prüfung, wie beispielweise die Sitzordnung des Fachprüfungsausschusses, ein wertschätzendes Gesprächsverhalten oder die Zugänglichkeit der Aufgabenstellung, auf ein Minimum reduziert werden.

Die Einstiegssituationen für die Aufgabenstellung sollten offen für unterschiedliche Zugangsweisen und Schwerpunktsetzungen sein, sodass sich ein Fachgespräch dazu entwickeln kann. Dies ermöglicht den Schülerinnen und Schülern sowohl eine vorsichtige schrittweise Annäherung an die Situation als auch eine Einordnung von einem höheren Standpunkt aus. Dadurch wird die Prüfungssituation in dem Sinne adaptiv, dass die Schülerinnen und Schüler die Einstiegssituation auf unterschiedlichen, selbst gewählten Kompetenz- und Anforderungsniveaus bearbeiten können.

In der mündlichen Prüfung sollten dabei vor allem der Zugriff auf Aufgabenstellungen (Lösungsansätze), Wissen über fachliche Zusammenhänge und Reflexionen über Aufgabenbearbeitungen und fachliche Zusammenhänge im Vordergrund stehen. Damit die Schülerinnen und Schüler hier selbstständig etwaig vorhandenes Zusammenhangswissen entfalten können, sollten die Ausgangssituationen hinreichend fachliche Substanz für Vertiefungen in unterschiedliche fachbezogene Richtungen bieten. Hierfür kommen sowohl beziehungsreiche innermathematische Situationen als auch realitätsbezogene Aufgabenstellungen infrage.

In der mündlichen Prüfung sollten neben inhaltsbezogenen und anderen prozessbezogenen Kompetenzen vor allem die Aussagen des Kernlehrplans für den Bereich „Kommunizieren“ berücksichtigt werden, u. a.:

³ Vgl. § 38 (4) APO-GOST (MSB, 2020).

⁴ Vgl. Kernlehrplan für die Sekundarstufe II, Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Mathematik (MSW, 2014, S. 35, 43).

Das Kommunizieren umfasst die Rezeption und die Produktion von Dokumentationen fachlicher Bearbeitungen sowie die Diskussion darüber. [...] [Dabei] müssen [...] Darstellungen intersubjektiv nachvollziehbar sein und bestehende Konventionen berücksichtigen. [...] Die Schülerinnen und Schüler [...] verwenden die Fachsprache und fachspezifische Notation in angemessenem Umfang [...].⁵

In der mündlichen Prüfungssituation sollte daher ermöglicht, aber auch eingefordert werden, dass die Schülerinnen und Schüler Zusammenhänge in eigenen Worten und angemessener Verwendung von fachsprachlichen Mitteln und situationsgerechten Darstellungen ausführen. Das Fachgespräch sollte ausgehend von Schüleräußerungen im Stil einer fachlichen Diskussion vertieft werden. Dabei soll von Anfang an die Möglichkeit bestehen, unterschiedliche Darstellungen und Hilfsmittel einzubeziehen.

Vor diesem Hintergrund wurden bei den entwickelten Beispielen für den zweiten Teil der mündlichen Abiturprüfung folgende Gestaltungsprinzipien berücksichtigt:

- stressreduzierender Bedingungsrahmen (Sitzordnung etc.)
- wertschätzende Gesprächsführung vonseiten der Fachprüferin bzw. des Fachprüfers (auch: Zeit für die Entwicklung eigener Gedanken)
- offene Aufgabenstellung (mögliche unterschiedliche Zugänge und differenzierende Bearbeitungsniveaus)
- beurteilender Fokus auf Lösungsansätze, Zusammenhangswissen und fachliche Reflexionen, weniger auf Abfrage von mathematischem Faktenwissen
- substanzielle Ausgangssituationen (u. a. fachliche Reichhaltigkeit oder Realitätsbezüge)
- Ermöglichung und Einforderung fachsprachlich angemessener Darstellungen
- Aufgreifen und Vertiefen von Schüleräußerungen
- Einbezug unterschiedlicher Darstellungen und Hilfsmittel

Beispiele mündlicher Abiturprüfungen (Teil 2, Prüfungsgespräch)

Im SINUS-Projekt sind verschiedene Beispiele für die Gestaltung des zweiten Prüfungsteils entwickelt worden. Die Beispiele decken die Inhaltsfelder des Kernlehrplans ab, wobei sowohl das fachliche Anspruchsniveau des Grundkurses als auch des Leistungskurses berücksichtigt wurde, sodass auch Beispiele für eventuelle Nachprüfungen vorliegen.

Die Dokumentation der einzelnen Prüfungsbeispiele ist einheitlich in Form einer Tabelle gestaltet (siehe Abbildung 2 und Abbildung 5). In der ersten Spalte findet man die jeweiligen Fragestellungen für das Prüfungsgespräch. Hier werden auch eventuell im Prüfungsverlauf notwendige Konkretisierungen in Form von Nachfrageoptionen der Fachprüferin oder des Fachprüfers dargestellt. Die Reihenfolge der Fragestellungen ist dabei nicht festgeschrieben, da sie sich an den individuellen Erläuterungen und Antworten der Prüflinge orientieren sollte. Gerade bei offeneren Einstiegen in das Prüfungsgespräch, wie sie in allen von der Gruppe ausgearbeiteten und erprobten Beispielprüfungen zu finden sind, ist es sinnvoll, Fragestellungen flexibel zu handhaben.

⁵ Vgl. Kernlehrplan für die Sekundarstufe II, Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Mathematik (MSW, 2014, S. 16 und S. 22).

Die zweite Spalte in der Tabelle enthält Hinweise zum notwendigen Material⁶ für den jeweiligen Prüfungsteil und die dritte Spalte Kommentare zum Ablauf des Prüfungsgesprächs. Erwartete Kompetenzen und Lösungen sind in den darauffolgenden Spalten angegeben.

In den hier vorgestellten Beispielen werden Anregungen zum Einstieg in das Prüfungsgespräch gegeben. Im weiteren Verlauf liegt es in der Hand der Lehrkraft, dass alle Anforderungsbereiche im angemessenen Umfang im Rahmen der Prüfung angesprochen werden.

Grundkurs Analysis (ganzrationale Funktion) – Einstieg in das Prüfungsgespräch

In dem hier vorgestellten Beispiel für den Gesprächsteil der mündlichen Abiturprüfung zum Thema Analysis handelt es sich um eine Prüfung mit rein innermathematischen Fragestellungen. Der Fokus liegt auf zentralen Beziehungen und Verfahren der Differential- und Integralrechnung.

Dem Prüfling werden zu Beginn eine Funktionsgleichung und ein Funktionsgraph vorgelegt (siehe Abbildung 1). Der Prüfling soll begründen, warum der Funktionsgraph zur Funktionsgleichung passen kann.

Bei dieser Aufgabe besteht die Möglichkeit, die Fragestellung auf unterschiedlichen Wegen zu beantworten. So kann bei den Symmetrieeigenschaften, bei der Form des Graphen oder bei den Nullstellen begonnen werden, um nur einige mögliche Anfänge zu nennen. Schwächere Prüflinge finden vielleicht nur ein oder zwei Argumente, stärkere Prüflinge dagegen entfalten anhand dieser ersten Frage eine Vielzahl möglicher Argumente.

Dieser offene Einstieg eröffnet die Möglichkeit, dass der Prüfling zunächst ohne starke Lenkung durch entsprechende kleinschrittigere Prüfungsfragen zeigen kann, welche Kompetenzen er auf welchem Niveau im inhaltlichen Bereich der Analysis beherrscht. Da diese Art von Aufgabenstellung keine expliziten Berechnungen oder die bloße Wiedergabe von Auswendiggelerntem einfordert, sondern der Prüfling direkt aufgefordert wird Zusammenhänge zu begründen, steht auch der Gebrauch der notwendigen Fachsprache in den Argumentationen des Prüflings im Vordergrund.

Im weiteren Gesprächsverlauf sollte die Fachprüferin bzw. der Fachprüfer direkt an die Ausführungen des Prüflings anknüpfen. Hier ist es wichtig, dass die Fachprüferin bzw. der Fachprüfer flexibel mit den Antworten des Prüflings umgehen. Bei einem schwächeren Prüfling kann es sein, dass eine schlüssige Argumentation nur mit Denkanstößen oder durch fokussierende Fragen entwickelt werden kann. Dabei können unterschiedliche Aspekte einer Funktionsuntersuchung mit einfließen. Für stärkere Prüflinge kann es sinnvoll sein, einen Schritt in Richtung Vertiefung anzustoßen und das graphische Ableiten zu thematisieren. Im folgenden Ausschnitt zur mündlichen Abiturprüfung GK „Analysis – ganzrationale Funktionen“ des Prüfungsplans für diese Prüfung⁷

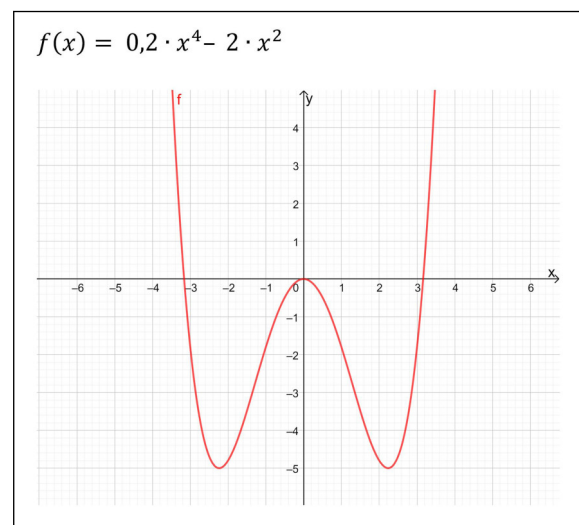


Abbildung 1: Funktionsterm und -graph zur mündlichen Analysis-Prüfung (GK)

⁶ Alle entwickelten Beispielprüfungen sind materialbasiert.

⁷ Auch in den anderen Beispielprüfungen werden solche Fokussierungen ausgewiesen.

werden deshalb auch zwei unterschiedlich konkretisierte Fragen bzw. Fokussierungen bereitgestellt (Abbildung 2). Im weiteren Verlauf des Prüfungsgesprächs, der hier im Artikel nicht weiter ausgeführt wird, steht inhaltlich die Integralrechnung im Mittelpunkt, und somit der notwendige Wechsel auf Inhalte eines anderen Halbjahrs der Qualifikationsphase.

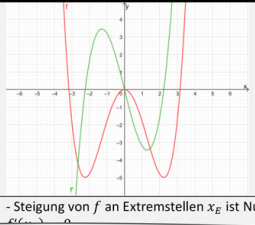
Fragestellungen	Material	Kommentar	Erwartete Lösungen	
<p>Gegeben sind die Funktion f mit $f(x) = 0,2 \cdot x^4 - 2 \cdot x^2$ und ihr Graph. Begründen Sie, dass der dargestellte Graph zum Funktionsterm passen kann.</p> <p>Ggf. ergänzende Frage nach</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nullstellen - Symmetrie - Globalverlauf 	GK01 A1	Der offene Einstieg bietet dem Prüfling die Möglichkeit, verschiedene Ansätze zu verfolgen. Rechnerische Überlegungen bzw. der Einsatz des GTR weisen darauf hin, im weiteren Verlauf der Prüfung ggf. klar vorgegebene Aufgabenstellungen zu formulieren. Durch den Einsatz von qualitativen Überlegungen ergeben sich im weiteren Prüfungsverlauf andere Fragestellungen/Impulse, die einem höheren Anforderungsniveau zuzuordnen sind.	<p>Der Prüfling ...</p> <p>begründet, dass der Graph zum Funktionsterm passen kann.</p> <p>Rechnerische Überlegungen (konkret einzelne Punkte bestimmen und mit dem Funktionsgraphen abgleichen)</p> <p>Einsatz des GTR: f zeichnen und vergleichen</p> <p>Qualitative Überlegungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Nullstellen - Symmetrieeigenschaft - Grenzwertverhalten - Anzahl der Extrem- und Wendepunkte 	
<p>Skizzieren Sie den Graphen der Ableitungsfunktion f' zu dem Graphen der Funktion f und erläutern Sie daran den Zusammenhang zwischen der Funktion f und ihrer Ableitung f'</p>	GK01 A1	Aus dem bisherigen Prüfungsverlauf können sich in diesem Prüfungsabschnitt verschiedene Aufgabenstellungen ergeben. Diese Fragestellung bietet dem Prüfling die Möglichkeit, die komplexen Zusammenhänge des zeichnerischen Differenzierens aufzugreifen und Zusammenhänge darzustellen.	ermittelt den Verlauf des Graphen von f' durch graphisches Differenzieren und erläutert sein Vorgehen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Extrem- und Wendepunkte.	
<p>mögliche Fokussierung: Gehen Sie auf besondere Stellen (Extrema, Wendepunkte,</p>		Falls nur wenige Eigenschaften auf die Eingangsfragestellung benannt werden,	stellt den Zusammenhang zwischen den	- Steigung von f an Extremstellen x_E ist Null d.h. $f'(x_E) = 0$

Abbildung 2: Ausschnitt aus der tabellarischen Darstellung zum zweiten Teil einer mündlichen Prüfung zum Inhaltsfeld Analysis (GK)

Grundkurs analytische Geometrie (3D-Modell) – 3D-Modell eines geometrischen Körpers

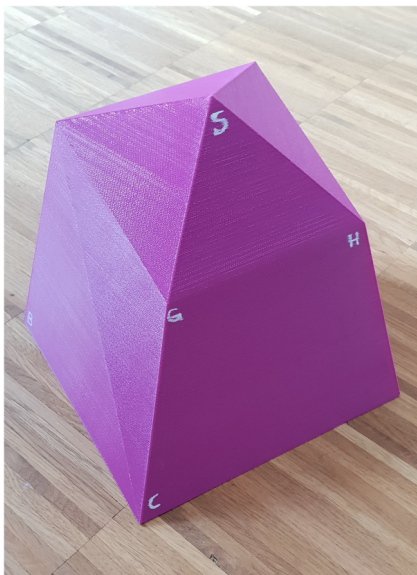


Abbildung 3: Geometrischer Körper aus 3D-Druck

Im Zentrum dieses Prüfungsteils steht das 3D-Modell eines geometrischen Körpers (siehe Abbildung 3). Dieses Körpermodell ist mithilfe eines 3D-Drucks entstanden. Da die Zahl der Schulen zunimmt, an denen 3D-Drucker bereits im Einsatz sind, wird es in Zukunft häufiger die Möglichkeit geben, für die mündliche Abiturprüfung interessante und im echten Wortsinn „begreifbare“ Modelle anzufertigen.

Die Geometriesoftware GeoGebra⁸ bietet die Möglichkeit, in der 3D-Ansicht stl-Dateien zu generieren, die man für den 3D-Druck benötigt, sodass man ein Körpermodell mit GeoGebra planen und konstruieren kann.

Eine mögliche Alternative zur Erstellung solcher geometrischen Körper ist die kostenfreie Software OpenSCAD⁹. Dort kann man durch den Befehl *polyhedron*¹⁰ die stl-Datei für die entsprechenden Körpermodelle mithilfe der Koordinaten der Eckpunkte des Körpers erstellen. Dieses Verfahren setzt allerdings ein gewisses Maß an Erfahrung im Umgang mit 3D-Druck voraus. Die stl-Datei für den Körper, der in der hier beschriebenen Prüfung genutzt wird, kann auf der Internetseite von SINUS.NRW¹¹ heruntergeladen werden.

8 <https://www.geogebra.org/> [26.08.2020].
 9 <https://www.openscad.org/> [09.06.2020].
 10 https://en.wikibooks.org/wiki/OpenSCAD_User_Manual/Primitive_Solids#polyhedron [09.06.2020].
 11 www.sinus.nrw.de bzw. https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idcat=4242 [16.09.2020].

Einstieg in das Prüfungsgespräch

Der Prüfling wird zu Beginn des Prüfungsgesprächs aufgefordert, Zusammenhänge zwischen dem Wortfeld und dem 3D-Körpermodell mithilfe seiner Kenntnisse aus dem Inhaltsfeld der analytischen Geometrie zu beschreiben. Zur Unterstützung erhält er zusätzlich ein Wortfeld mit einigen Fachbegriffen aus diesem Inhaltsfeld (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Wortfeld mit Begriffen zur analytischen Geometrie

Trotz dieser begrifflichen Fokussierung bleibt der Einstieg offen. Der Prüfling kann entscheiden, in welcher Reihenfolge er sich zu den Fachbegriffen äußert, welche er gegebenenfalls weglässt oder welchen Schwerpunkt er setzt. Das Wortfeld ist die Grundlage dafür, dass dieser Prüfungsteil zeitlich begrenzt werden kann.

Die Aufgabe der Fachprüferin bzw. des Fachprüfers ist es, in den Erläuterungen des Prüflings Anknüpfungspunkte für den weiteren Gesprächsverlauf zu erkennen. Geht der Prüfling beispielsweise verstärkt auf den Begriff *Geraden* ein, so kann anschließend innerhalb des Gesprächs an *Lagebeziehungen von Geraden* angeknüpft werden. Es könnte z. B. zunächst untersucht werden, ob sich Geraden durch bestimmte Punkte des geometrischen Körpers in einem Punkt schneiden (Abbildung 5). Am 3D-Modell können hierzu Überlegungen visualisiert und eventuelle Hypothesen aufgestellt werden. Dies führt letztendlich zu einem Verfahren zur Überprüfung der Lagebeziehungen.

Geht der Prüfling verstärkt auf den Fachbegriff *Winkel* ein, so kann man anschließend zunächst auf bestimmte Winkel in den Teilflächen des geometrischen Körpers zu sprechen kommen. Anschließend könnte es dann z. B. um die *Orthogonalität von Vektoren* oder die Überprüfung der *Gleichschenkligkeit von Dreiecken* gehen.

Fragestellungen	Material	Kommentar	Erwartete Lösungen	
			Der Prüfling ...	
Beschreiben Sie kurz die Zusammenhänge zwischen dem geometrischen Körper und den Ihnen vorliegenden Begriffen aus der analytischen Geometrie.	3D-Modell GK01 G1	Der offene Einstieg bietet dem Prüfling die Möglichkeit, sein vorhandenes Wissen strukturiert vorzutragen. Die Fachprüferin/der Fachprüfer achtet an dieser Stelle zum einen darauf, dass dieser Teil wirklich <i>kurz</i> gehalten wird und zum anderen darauf, an welcher Stelle der Prüfling für sich einen Schwerpunkt setzt.	beschreibt grundlegende Elemente der analytischen Geometrie.	z. B.: • Definition eines Vektors • Objekte im Raum (Gerade, Ebene) • Kollinearität
			beschreibt Beziehungen zwischen Objekten.	• Lagebeziehungen • Winkel • Abstände
Zeigen Sie die unterschiedlichen Möglichkeiten der Lage zweier Geraden zueinander anhand des Modells auf und stellen Sie Möglichkeiten dar, wie man die Art der Lagebeziehung ermitteln kann.	3D-Modell		gibt konkrete Beispiele für die unterschiedlichen Lagebeziehungen mithilfe der Kanten des Modells an. erläutert ein sinnvolles Verfahren zur Bestimmung der Lage zweier Geraden.	1. sind identisch 2. sind echt parallel 3. schneiden sich 4. sind windschief Überprüfung auf Kollinearität der Richtungsvektoren, Punktprobe, Schnittpunktbestimmung
Wie könnten die beiden Geraden ...	3D-Modell			

Abbildung 5: Ausschnitt aus der tabellarischen Darstellung zum zweiten Teil einer mündlichen Prüfung zum Inhaltsfeld analytische Geometrie (GK)

Der Vorteil einer Prüfung, in der sich alle Prüfungsfragen entlang eines 3D-Modells entwickeln, ist die Tatsache, dass man immer wieder schnell in die Anschaulichkeit wechseln kann. Dies ist insbesondere für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler eine wichtige Hilfe. Darüber hinaus bietet das 3D-Modell aber auch die Chance, komplexere Fragestellungen zu thematisieren und auf diese Weise alle Anforderungsbereiche abzudecken.

Kompetenzraster zur Bewertung einer mündlichen Prüfung

Im Rahmen einer mündlichen Abiturprüfung im Fach Mathematik werden Kompetenzbereiche in den Blick genommen, die in anderen (z. B. schriftlichen) Prüfungsformaten in dieser spezifischen Form nicht abzubilden sind. Diesem Aspekt wird bereits im Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe Rechnung getragen:

Übergreifende Bewertungskriterien für die erbrachten Leistungen sind die Komplexität der Gegenstände, die sachliche Richtigkeit und die Schlüssigkeit der Aussagen, die Vielfalt der Gesichtspunkte und ihre jeweilige Bedeutsamkeit, die Differenziertheit des Verstehens und Darstellens, das Herstellen geeigneter Zusammenhänge, die Eigenständigkeit der Auseinandersetzung mit Sachverhalten und Problemstellungen, die argumentative Begründung eigener Urteile, Stellungnahmen und Wertungen, die Selbstständigkeit und Klarheit in Aufbau und Sprache, die Sicherheit im Umgang mit Fachsprache und -methoden sowie die Erfüllung standardsprachlicher Normen.¹²

	Erläuterung des Lösungsprozesses	Verwendung von Darstellungen/Hilfsmitteln	Sprachliche Kompetenz	Berechnungen/Lösungswege	Interpretation/Reflexion
I	<ul style="list-style-type: none"> detaillierte Planung der Aufgabenbearbeitung vollständige Erläuterung der Lösungsschritte 	<ul style="list-style-type: none"> übersichtliche Darstellung des Lösungsweges sinnvoller Einsatz verschiedener Darstellungsformen Hilfsmittel und GTR werden zielführend eingesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> durchgängige Verwendung der Fachsprache korrekte Nutzung der Fachbegriffe 	<ul style="list-style-type: none"> durchgängig zielgerichtete ökonomische Berechnungen verstehensbasierte Reflexion des Lösungsweges 	<ul style="list-style-type: none"> durchgängig reflektierte verstehensbasierte Beschreibung der Darstellungen vollständige Interpretation der Lösungen
II	<ul style="list-style-type: none"> grundlegende Planung der Aufgabenbearbeitung teilweise Erläuterung der Lösungsschritte 	<ul style="list-style-type: none"> angemessene Darstellung des Lösungsweges Einsatz verschiedener Darstellungsformen Hilfsmittel und GTR werden eingesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> angemessene Verwendung der Fachsprache korrekte Nutzung einzelner Fachbegriffe 	<ul style="list-style-type: none"> zielgerichtete Berechnungen Nennung von möglichen Lösungswegen 	<ul style="list-style-type: none"> im Wesentlichen reflektierte verstehensbasierte Beschreibung der Darstellungen angemessene Interpretation der Lösungen
III	<ul style="list-style-type: none"> ansatzweise Erläuterung der Aufgabenbearbeitung kaum Erläuterung der Lösungsschritte 	<ul style="list-style-type: none"> ansatzweise nachvollziehbare Darstellung des Lösungsweges kaum zielführender Einsatz von verschiedenen Darstellungsformen kaum Einsatz von Hilfsmitteln und GTR 	<ul style="list-style-type: none"> ansatzweise Verwendung der Fachsprache keine durchgängige Nutzung von Fachbegriffen 	<ul style="list-style-type: none"> ansatzweise korrekte Berechnungen mit Mängeln kein zielgerichteter Lösungsprozess 	<ul style="list-style-type: none"> ansatzweise verstehensbasierte Beschreibung der Darstellungen ansatzweise Interpretation der Lösungen
IV	<ul style="list-style-type: none"> kaum bzw. keine Erläuterungen zur Aufgabenbearbeitung keine Erläuterung der Lösungsschritte 	<ul style="list-style-type: none"> Darstellung des Lösungsweges kaum nachvollziehbar kein Einsatz von Hilfsmitteln und GTR 	<ul style="list-style-type: none"> kaum Verwendung der Fachsprache kaum Nutzung von Fachbegriffen 	<ul style="list-style-type: none"> fehlerhafte Berechnungen keine erkennbare Lösungsstrategie 	<ul style="list-style-type: none"> kaum verstehensbasierte Beschreibung der Darstellungen keine Interpretation der Lösungen

Abbildung 6: Kompetenzraster zur Bewertung einer mündlichen Prüfung¹³

¹² Vgl. Kernlehrplan für die Sekundarstufe II, Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Mathematik, MSW, 2014, S. 42.

¹³ Angelehnt an M. Römer (2018).

Die Spalten des Beobachtungs- und Bewertungsrasters bilden dementsprechend wesentliche Kompetenzbereiche ab, die in einer mündlichen Prüfung Relevanz haben. Die jeweiligen Kompetenzbereiche werden in den Stufen I bis IV mithilfe von Kriterien konkretisiert. Auf eine eindeutige Zuordnung zu Notenstufen wird bewusst verzichtet, da eine fachliche und pädagogische Beurteilung der jeweiligen Prüfungsleistung immer aus einer Vielzahl von Beobachtungen und Einschätzungen hervorgeht.

Im Kontext der vorliegenden Beispiele für mündliche Abiturprüfungen kann das Raster unterschiedliche Funktionen erfüllen. Es unterstützt zum einen die kriterienorientierte Beobachtung von Prüfungssimulationen, z. B. in Fachseminaren. Zum anderen kann das Raster auch zur Bewertung und Beurteilung der erbrachten Prüfungsleistung genutzt werden. Für Schülerinnen und Schüler schafft das Raster Transparenz bezüglich relevanter Kompetenzbereiche sowie Leistungsbeurteilungskriterien in der mündlichen Prüfung.

Das abgebildete Raster hat exemplarischen Charakter und muss der spezifischen Prüfungssituation angepasst werden.

2.2 Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf mündliche Prüfungen

Merkblatt für Schülerinnen und Schüler zum Prüfungsablauf

Die mündliche Abiturprüfung ist für die Schülerinnen und Schüler eine ungewohnte Prüfungssituation. Die Angst vor Unbekanntem und der dadurch evtl. auftretende Prüfungsstress kann das wahre Leistungsvermögen des Prüflings überlagern.

Umso wichtiger ist es, dass die Schülerinnen und Schüler über den Ablauf der Prüfung so transparent wie möglich bereits im Vorfeld informiert werden.

Die Simulation einer mündlichen Abiturprüfung ist ein bewährtes und sinnvolles Instrument die Angst vor dem Unbekannten zu reduzieren. Die wichtigen Informationen, Hinweise und Anmerkungen, die die Schülerinnen und Schüler auf diese Weise erhalten, werden in der Regel allerdings nicht verschriftlicht und können schnell in Vergessenheit geraten.

Im SINUS-Projekt ist deshalb ein Merkblatt¹⁴ entstanden, das alle wesentlichen Informationen zum Ablauf rund um die mündliche Abiturprüfung sowie Tipps zum Verhalten in der Prüfung (Vortrag und Prüfungsgespräch) enthält. Es steht als Word-Dokument zum Herunterladen auf den Projektseiten¹⁵ bereit und kann so ebenfalls an die Gegebenheiten der jeweiligen Schule angepasst werden.

Aufbau von vernetztem Denken

Im Kernlehrplan NRW wird für die mündliche Abiturprüfung explizit gefordert, dass größere fachliche und fachübergreifende Zusammenhänge Bestandteil des Prüfungsgesprächs sein sollen. Ein Unterricht, der dies ernst nimmt, kann nicht aus dem Abhaken einzelner Teilinhalte bestehen, sondern muss an vielen Stellen gerade diese größeren Zusammenhänge in den Blick nehmen und thematisieren.

¹⁴ Nach einer Idee von M. Haase, Viktoria-Gymnasium Essen.

¹⁵ www.sinus.nrw.de.

Im SINUS-Projekt sind zwei Möglichkeiten erprobt worden, die genau diese größeren Zusammenhänge in den Fokus rücken. In den folgenden Abschnitten werden diese beiden Möglichkeiten kurz dargestellt.

Concept Maps

Concept Maps sind eine gute Möglichkeit größere inhaltliche Zusammenhänge zu visualisieren. Das Wesentliche bei Concept Maps ist, dass die einzelnen Begriffe in Beziehung zueinander gesetzt werden. Ausgedrückt wird das durch Pfeile, die die einzelnen Beziehungen angeben und an denen eine Beschriftung die spezifische Art der Beziehung erläutert. Im Rahmen des SINUS-Projekts haben Schülerinnen und Schüler arbeitsteilig für unterschiedliche mathematische Teilgebiete solche Concept Maps erstellt. Abbildung 7 zeigt einen Ausschnitt einer erstellten Concept Map zum Thema Integralrechnung. Um gute Ergebnisse zu erhalten, sollte man für die Erstellung ca. drei Unterrichtsstunden á 45 Minuten einplanen. Dieses Zeitfenster ist erforderlich, um den Lernenden eine vertiefende, vernetzende und strukturierende Auseinandersetzung mit dem Themengebiet zu ermöglichen.

Die Schülerinnen und Schüler haben dabei zunächst die relevanten Fachbegriffe und Verfahren auf kleineren Karten beschrieben und ggf. auch mit einer Zeichnung ergänzt. Anschließend sind diese Karten auf einem großen Plakat fixiert und die Beziehungen untereinander mit beschrifteten Pfeilen deutlich gemacht worden. In der Phase der Erstellung dieser Concept Maps haben sich die Schülerinnen und Schüler aktiv mit den größeren fachlichen Zusammenhängen beschäftigt und diese ausgesprochen intensiv inhaltlich kommuniziert. Die Plakate wurden im Kursraum präsentiert und hielten so die Erinnerung an die Zusammenhänge wach.

Es zeigte sich, dass diese Plakate auch während der Vorbereitung in den letzten Wochen vor dem Abitur vonseiten der Schülerinnen und Schüler immer wieder genutzt wurden.

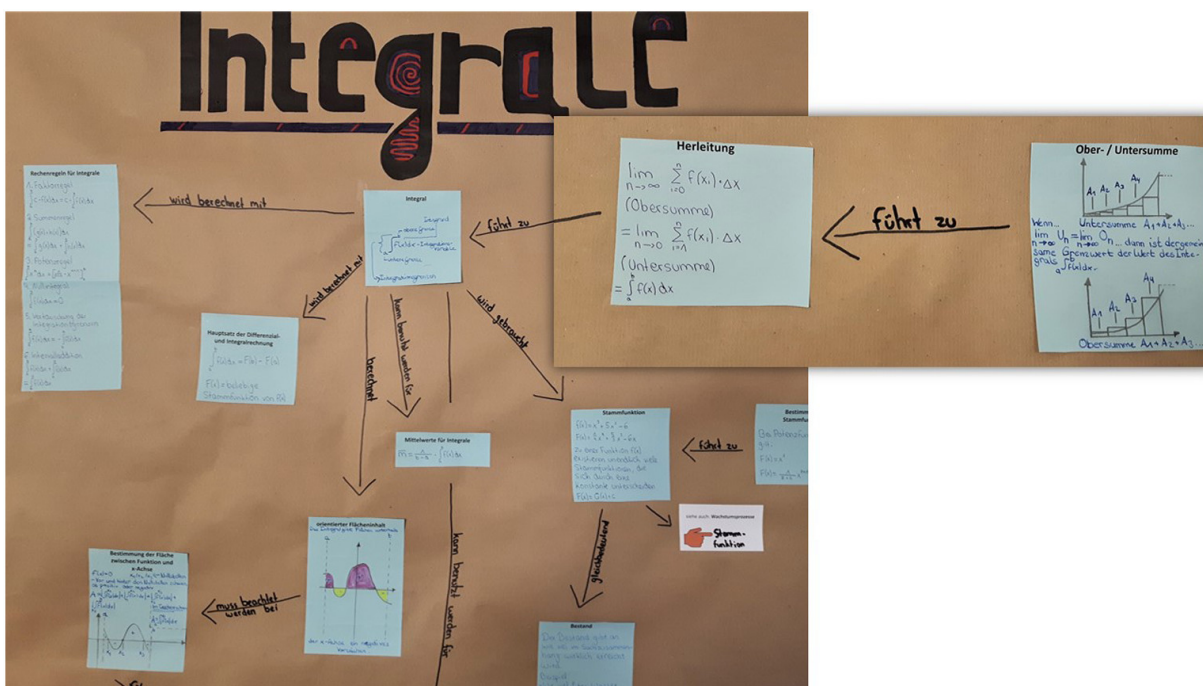


Abbildung 7: Beispiel einer Concept Map zur Integralrechnung (Ausschnitt mit Vergrößerung eines Teilausschnittes)

Eine Alternative zu der Erstellung solcher Concept Maps auf Plakaten ist die Erstellung ähnlicher Übersichten mithilfe digitaler Werkzeuge. Die kollaborative Pinnwand *padlet*¹⁶ bietet beispielsweise die Möglichkeit, solche Concept Maps online zu erstellen. Damit können die Schülerinnen und Schüler die Concept Maps auch jederzeit von ihrem digitalen Endgerät bearbeiten und einsehen.

Gemeinsames „Strukturlegen“

Das gemeinsame „Strukturlegen“ wird am Ende einer jeweiligen Unterrichtsreihe durchgeführt. Jede Schülerin und jeder Schüler erhält drei laminierte Karten¹⁷, auf denen Begriffe, Beziehungen, Verfahren und Überschriften zu finden sind, jeweils farbig unterschiedlich gedruckt.

Eine Schülerin bzw. ein Schüler macht den Anfang und heftet eine Karte an die Tafel. Nacheinander ergänzen die anderen Schülerinnen und Schüler das Tafelbild. Es darf jeweils immer nur eine weitere Karte an die Tafel geheftet werden. Bedingung ist, dass immer erläutert werden muss, warum die Karte genau an dieser Stelle auf die Tafel geheftet wird. Auch Umgruppierungen sind zulässig, wenn die jeweilige Begründung im Kurs nachvollziehbar ist. Im gesamten Arbeitsprozess entsteht eine intensive fachliche Diskussion über die Zusammenhänge innerhalb des Inhaltsfeldes, in die sämtliche Schülerinnen und Schüler eingebunden sind.

Das Tafelbild (siehe Abbildung 8) wird anschließend abfotografiert und dem Kurs auf der schuleigenen Lernplattform zur Verfügung gestellt.

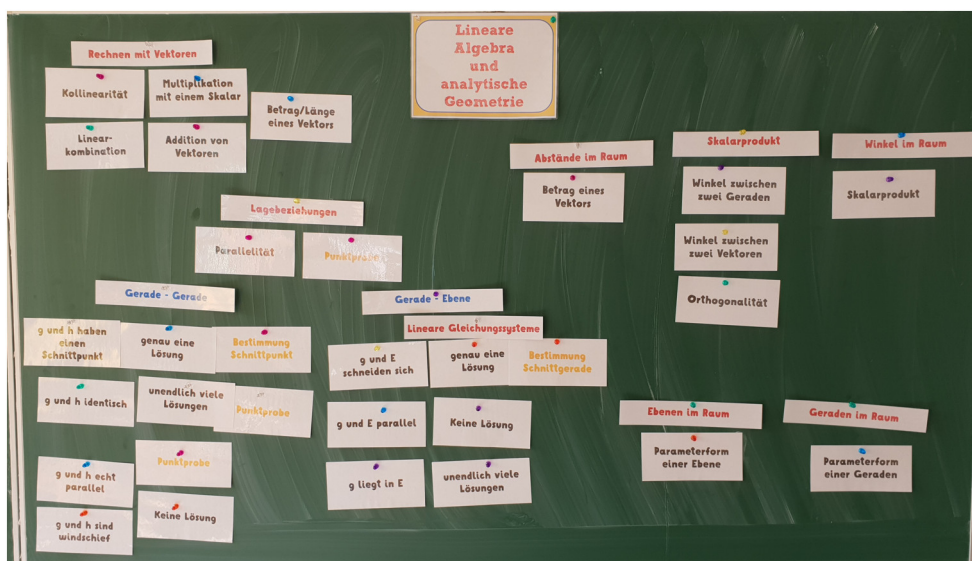


Abbildung 8: Beispiel eines gemeinsamen „Strukturlegens“ an der Tafel

Wachhalten mathematischer Kompetenzen (Kopfübungen)

Wie zu Beginn dieses Kapitels bereits dargestellt, kommt der Kommunikationskompetenz in mündlichen Abiturprüfungen eine zentrale Bedeutung zu. Die Nutzung von Fachsprache auf der einen Seite sowie die Fähigkeit begründet Stellung zu beziehen auf der anderen Seite sind wesentliche Kompetenzaspekte, die für die Bewertung der Prüfung eine entscheidende Rolle spielen. Umso wichtiger ist es, dass diese im vorbereitenden Unterricht auch immer wieder mithilfe von geeigneten Aufgaben eingeübt werden.

16 <https://de.padlet.com/> Die Basisversion mit drei Pinnwänden ist nach Anmeldung kostenfrei.

17 Die Anzahl der Karten ist abhängig von der Anzahl der Begriffe und der jeweiligen Kursgröße.

Folgende Aufgabentypen sind diesbezüglich ausgesprochen hilfreich:

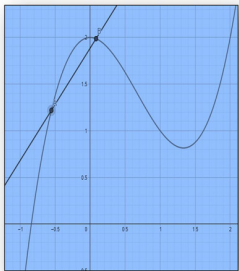
- Begründetes Zuordnen von Begriffen, Grafiken und mathematischen Objekten
- Schlüssiges Argumentieren zur Bestätigung bzw. Widerlegung von mathematischen Aussagen
- Fachsprachlich und inhaltlich richtiges Beschreiben von Lösungsverfahren

In vielen Mathematikbüchern für die gymnasiale Oberstufe findet man etliche Aufgaben, die diesen Aufgabentypen zugeordnet und für diesen Zweck nutzbar gemacht werden können.

Im SINUS-Projekt sind für alle drei Inhaltsfelder einige solcher Aufgaben exemplarisch in Form von PowerPoint-Dateien (siehe Abbildung 9, Abbildung 10, Abbildung 11) erstellt worden. Die Lösungen zu diesen Aufgaben können durch „Klicken“ nach und nach sichtbar gemacht werden. Durch die für alle im Kurs sichtbare Projektion der Aufgaben gelingt es, den Fokus der Schülerinnen und Schüler auf den mathematischen Inhalt zu lenken. Das gemeinsame Lösen der Aufgaben unterstützt den beabsichtigten Kompetenzaufbau in den Bereichen „Kommunizieren“ und „Argumentieren“.

Ein bis zwei solcher Aufgaben können in den ersten 5 bis 10 Minuten z. B. einer Unterrichtseinheit gelöst werden. Im Sinne eines wiederholenden Lernens können diese Aufgaben in größeren Zeitabständen mehrmals innerhalb eines Kurses genutzt werden, auch und gerade dann, wenn aktuell im Unterricht ein anderes Inhaltsfeld behandelt wird.

Die vorliegenden Kärtchen lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Sortieren Sie.



$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h}$$

momentane
Änderungsrate

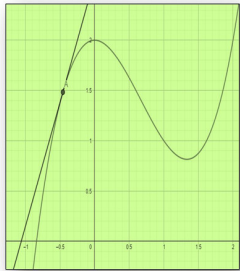
$$\frac{f(b) - f(a)}{b - a}$$

Sekantensteigung

$$f'(x)$$

durchschnittliche
Änderungsrate

Tangentensteigung



Analysis

Abbildung 9: Beispiel für eine Kopfübung zum Inhaltsfeld Analysis

Geben Sie aufgrund der folgenden Informationen zu den Geraden g und h an, wie die beiden Geraden zueinander liegen.

$$g: \vec{x} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} + r \cdot \begin{pmatrix} -2 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{x}_h = \vec{x}_g \xrightarrow{GTR} \text{„Keine Lösung gefunden.“}$$

$$h: \vec{x} = \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,5 \\ 3 \end{pmatrix} + r \cdot \begin{pmatrix} -2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Die Richtungsvektoren sind nicht kollinear.

Ohne Schnittpunkt sind die Geraden entweder parallel oder windschief zueinander.

analytische Geometrie

Abbildung 10: Beispiel für eine Kopfübung zum Inhaltsfeld analytische Geometrie

Ist der Zufallsversuch eine Bernoullikette?

Eine Heftzwecke wird 500 Mal geworfen. Es wird gezählt, wie oft sie auf dem Kopf landet. ✓

Die SV einer Schule befragt alle Lernenden, ob das Angebot der Mensa gut oder schlecht ist. Es wird gezählt, wie viele Lernende das Angebot gut finden. ✓

Aus einer BINGO-Trommel mit 75 Zahlen werden nacheinander Zahlen ohne Zurücklegen gezogen. Es wird gezählt, wie oft eine gerade Zahl gezogen wird. ✗

Aus einem Skatspiel wird eine Karte gezogen, die anschließend wieder zurückgelegt wird. Es wird gezählt, wie viele Herz-Karten gezogen wurden. ✓

Ein gezinkter Würfel wird 50 Mal geworfen. Es wird gezählt, wie oft eine 1 gewürfelt wird. ✓

Mit einem speziellen Würfel mit den Augenzahlen von 1 bis 8 wird 50 Mal gewürfelt. Es wird die Augenzahl gezählt. ✗

Die Wahrscheinlichkeit für eine gerade Zahl ändert sich mit jeder Ziehung.

Es gibt mehr als zwei Ergebnisse.

Stochastik

Abbildung 11: Beispiel für eine Kopfübung zum Inhaltsfeld Stochastik

Literatur

- Brinkmann, A. & Borys, T. (2016). *Maps im Mathematikunterricht erfolgreich einsetzen. Vortrag auf der 9. Tagung des Arbeitskreises „Vernetzungen im Mathematikunterricht“ am 22. April 2016 an der Universität Hildesheim.* Verfügbar unter https://math-edu.de/Vernetzungen/Tagungen/2016_Folien_Maps_Lehrer-Fortbildung_Brinkmann_Borys.pdf [16.01.2020].
- Bruder, R. (2008). Üben mit Konzept. *mathematik lehren*, 147, 4–11.
- Bruder, R. (2008). Wider das Vergessen. *mathematik lehren*, 147, 12–14.

- Dreibholz, S., Hoffert, U., Büchter, A. (2018). Unterrichtskonzepte für die gymnasiale Oberstufe – Erprobte Ideen zur Umsetzung des Mathematiklehrplans in Nordrhein-Westfalen. In G. Trendel & J. Roß (Hrsg.), *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten, Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken* (S. 59 – 79). Münster. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idcat=3525&idart=11947 [26.08.2020].
- Knogler, M. & Schneeweiss, A. (2019). *Mit Concept Maps ein tieferes Verständnis von Unterrichtsinhalten fördern*. Verfügbar unter <https://mint-zirkel.de/2019/08/concept-maps/> [16.01.2020].
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2020). *BASS 2020/2021 – 13-32 Nr. 3.1. und 3.2 Verordnung über den Bildungsgang und die Abiturprüfung in der gymnasialen Oberstufe (APO-GOST) mit Verwaltungsvorschriften zur Verordnung über den Bildungsgang und die Abiturprüfung in der gymnasialen Oberstufe (VVzAPO-GOST)*. Verfügbar unter <https://bass.schul-welt.de/9607.htm> [16.09.2020].
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Mathematik* (Die Schule in NRW, Bd. 4720, 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Römer, M. (2018). *Mündliche Prüfungen Mathematik – Klasse 7–10: Von der Vorbereitung bis zur Bewertung: Leitfaden und Material für 10 Leistungskontrollen*. Hamburg: AOL-Verlag i. d. AAP LFV.
- Streit, C., Holzäpfel, L., Leuders, T. & Barzel, B. (2017). *Mathematik unterrichten: Planen, durchführen, reflektieren*. Berlin: Cornelsen Vlg Scriptor, 151–152.
- Wolff, A. (2015). *Aspekte zum kompetenten Arbeiten mit Concept Maps im Mathematikunterricht. Vortrag auf der GDM, Februar 2015*. Verfügbar unter https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/34817/1/BzMU15_Wolff_ConceptMaps.pdf [16.01.2020].

Projektgruppe

Set-Mitglieder

Cornelia Nicksch, Sophie-Scholl-Gesamtschule, Remscheid
Olaf Noll, Sophie-Scholl-Gesamtschule, Remscheid
Jens Dahmen, Leibnitz-Gymnasium, Dortmund
Nils Hammelrath, Gesamtschule Meiderich, Duisburg
Melanie Jankord, Comenius Gymnasium, Datteln
Klaus Busse, Gesamtschule Weierheide, Oberhausen
Ingo Koschinski, Gesamtschule Greven, Greven
Dr. Kay Nüßler, Gesamtschule Holsterhausen, Essen

Projektkoordination

Susann Dreibholz, ZfsL Solingen
Ulrich Hoffert, Gesamtschule Holsterhausen, Essen

Wissenschaftliche Begleitung

Prof. Dr. Andreas Büchter, Universität Duisburg-Essen

Mit Lernaufgaben und Lernplänen Unterricht strukturieren

HORST KRAUS, HELMUT MÖHLENKAMP, SVEN THEIS, RAINER WACKERMANN

Bei der Planung und Durchführung von Unterricht finden Lernaufgaben vielfältige Berücksichtigung. Lernaufgaben haben die Aufgabe den Kompetenzerwerb der Lernenden zu leiten und zu unterstützen. Im Rahmen der SINUS-Projektarbeit wurde eine Struktur entwickelt, die helfen soll, lernförderliche Lernaufgaben zu erstellen. Grundlegend für die Entwicklung waren bekannte Theorien zu lernwirksamen Unterrichtsstrukturen.

Außerdem wurde ein Konzept zur Erstellung von Lernplänen entwickelt, das die strukturierte Planung von Unterrichtssequenzen in stark heterogenen Lerngruppen unterstützt. Ein zentraler Bestandteil der Lernpläne sind wiederum Lernaufgaben, die einen differenzierten Unterricht ermöglichen.

Die im Rahmen der Projektarbeit erstellten Lernaufgaben und Lernpläne wurden im Unterricht an Gesamt- und Realschulen sowie Gymnasien erprobt und evaluiert. Die entwickelten Lernaufgaben beziehen sich auf den Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer der Sekundarstufe I und auf den Physikunterricht der Sekundarstufe II. Die Lernpläne wurden im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I eingesetzt.

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Die Ergebnisse aus dem Bildungstrend 2018 (Stanat, Schipolowski, Mahler, Weirich & Henschel, 2019) bestätigen im Wesentlichen Ergebnisse aus dem Ländervergleich 2012 (Pant et al., 2013). Weiterhin liegt NRW in den beiden getesteten Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ in allen drei Fächern im Mittel unterhalb des bundesweiten Durchschnitts, in den Fächern Physik und Chemie ist diese Abweichung signifikant (Stanat et al., 2019, S.172–174). Gegenüber dem Ländervergleich 2012 sind im Bildungstrend 2018 nur marginale, nicht signifikante, Änderungen (Verbesserungen) zu verzeichnen (Stanat et al., 2019, S.222 ff.). Die bundesweite Abnahme der Heterogenität ist auch in NRW zu beobachten.

Aus den Ergebnissen beider Untersuchungen lässt sich die Notwendigkeit ableiten, Unterstützungsmaterialien für einen kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht zu entwickeln, die insbesondere der Förderung der Kompetenzen in den Bereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung dienen. In diesem Zusammenhang wurden in verschiedenen Arbeitsgruppen der QUA-LiS Konzepte zur Aufgabenkonstruktion entwickelt. Zentrale Aspekte dieser Konzepte wurden in der Publikation „SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten“ veröffentlicht (Trendel & Lübeck, 2018). Auf der Grundlage dieser Konzepte wurden in diesem Projekt Lernaufgaben zu verschiedenen Unterrichtsvorhaben aller drei Naturwissenschaften entwickelt. Diese Aufgaben bilden ein Grundgerüst der Kompetenzentwicklung eines Unterrichtsvorhabens. Außerdem wurden eine Struktur und ein Leitfaden erarbeitet,

die es Lehrkräften ermöglichen, selbst kompetenzorientierte Lernaufgaben zu erstellen.

Ein weiteres Ziel der Projektarbeit war die Entwicklung von Strukturen für Lernpläne, die in stark heterogenen Lerngruppen eingesetzt werden können. Besonders an Gesamtschulen finden sich Schülerinnen und Schüler mit stark unterschiedlichen Voraussetzungen und Fähigkeiten gemeinsam in einer Lerngruppe. Hieraus ergibt sich wiederum die Notwendigkeit geeigneter Strukturen zu etablieren, die das zeitweise selbstständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler mit Lernaufgaben fördern. Der Einsatz von selbst entwickelten Lernplänen wurde an fünf Gesamtschulen erprobt und evaluiert. Ergänzend zu den Lernplänen wurde den Schülerinnen und Schülern ein thematischer Überblick zur Orientierung geben. Für die Erprobung der Materialien waren die folgenden Fragestellungen leitend:

- Wie kann sichergestellt werden, dass die notwendigen Lernschritte im Lernprozess durchlaufen werden?
- Welche Lernprodukte motivieren die Schülerinnen und Schüler und lassen eine Bearbeitung auf unterschiedlichen Niveaus zu?
- Wie können die Kooperation und die Kommunikation der Schülerinnen und Schüler unterstützt werden?
- Wie kann ein flexibler Einsatz der Aufgaben erreicht werden?
- Wie können die Aufgaben in einen sinnstiftenden Kontext eingebunden werden?
- Wie kann ein thematischer Überblick (roter Faden) über den Lerngegenstand gegeben werden?

Ein Lernplan umfasst mehrere Lernaufgaben, aber auch andere Aufgabenformate, wie z. B. Wiederholungen. Als Klammer definiert jeder Lernplan idealerweise ein zusammenfassendes Lernprodukt, das die Lernenden gemeinsam erstellen.

Strukturierung der Lernaufgaben durch das Lehr-Lern-Modell von Leisen und die Basismodelle von Oser

Die folgende Abbildung stellt den theoretischen Rahmen der Lernaufgabenentwicklung in diesem Projekt auf Grundlage des Lehr-Lern-Modells von Leisen (Leisen, 2011, S.7) und der Basismodelltheorie von Oser (Wackermann & Krabbe, 2017) dar.

Während das weithin bekannte Lehr-Lern-Modell von Leisen die Unterscheidung zwischen materialer und personaler Steuerung gut darstellt, differenziert das Basismodell von Oser nach kognitiven Prozessen bzw. den intendierten Zielen einer Lernsituation. In Abbildung 1 ist die Einbettung der Basismodelle nach Oser in das Lehr-Lern-Modell nach Leisen dargestellt. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht erscheinen dabei die Basismodelle Lernen durch Eigenerfahrung (LdE), Konzeptbildung (Kb) und Problemlösen (PL) relevant. Man vergleiche hier etwa den Lehr-Lernschritt „Lernprodukt erstellen“ (material oder personal durchgeführt) im Modell nach Leisen mit den differenzierten Schritten „Eine Handlung durchführen“ (Lernen durch Eigenerfahrung) und „Prototypisches Muster (Beispiel) durcharbeiten“ (Konzeptbildung). Durch die zusätzliche Differenzierung erscheinen die Lernschritte konkreter und so können verschiedene allgemeine Lernziele präzise angesteuert werden. Das Wesen der Basismodelltheorie besteht darin, zwischen verschiedenen grundsätzlichen Lehr-Lernprozessen (sogenannten Basismodellen des Lehrens

und Lernens) wie Erfahrungslernen und Konzeptbildung zu unterscheiden. Zu jedem Basismodell ist eine spezifische Kette von Lernprozessschritten angegeben, die nacheinander und in der richtigen Reihenfolge durchlaufen werden müssen, damit das Lernen erfolgreich sein kann.

Modell des Lehr-Lernprozesses auf Grundlage von Leisen und Oser

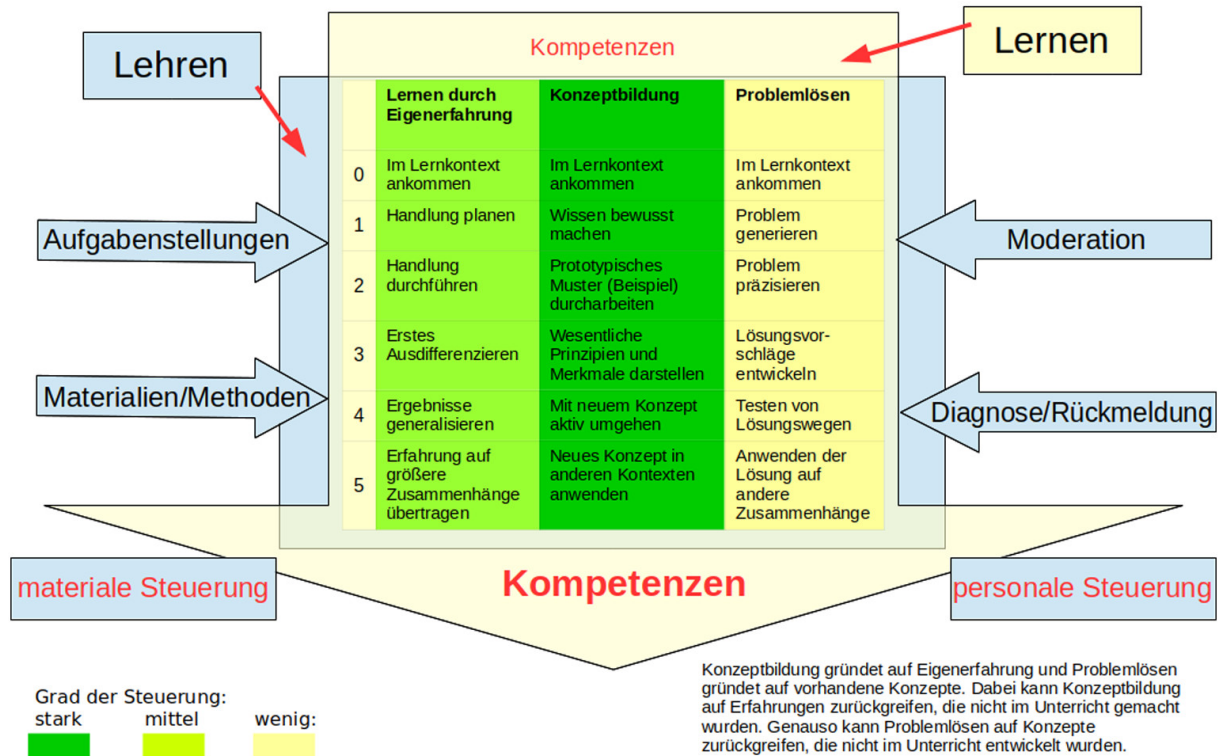


Abbildung 1: Modell des Lehr-Lernprozesses auf Grundlage von Leisen und Oser

Lernen durch Eigenerfahrung stellt dabei die selbstständige, handelnde Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand in den Mittelpunkt, von dem die/der Lernende ein direktes Feedback erhält. Ziel ist der Aufbau von reflektiertem Erfahrungswissen in Form von Regeln und Gesetzmäßigkeiten. Das Lernen durch Eigenerfahrung lässt sich in die folgende Sequenz unterteilen:

1 Planen der Handlung → 2 Durchführen der Handlung → 3 Konstruieren von Bedeutung → 4 Verallgemeinerung der Erfahrung → 5 Dekontextualisierung durch Reflexion ähnlicher Erfahrungen

Das Ziel von Konzeptbildung hingegen ist es, kognitive Strukturen zu erweitern und Begriffe oder Konzepte aufzubauen, auf die Schülerinnen und Schüler in der Regel nicht von sich aus kommen können. Sie werden daher an einem konkreten Prototyp als exemplarisches Schema entwickelt, abstrahiert und verallgemeinert. Die entsprechende Sequenz von Konzeptbildung lässt sich Abbildung 1 entnehmen.

Struktur für Lernaufgaben

Im Rahmen der Projektarbeit wurde eine Struktur zur Aufgabenkonstruktion entwickelt (Abbildung 2). Diese Struktur soll Lehrkräften die Entwicklung von eigenen Aufgaben und den Lernenden das Bearbeiten der Aufgaben erleichtern. Die Lernaufgaben aller naturwissenschaftlichen Fächer und aller Schulstufen sind nach dem gleichen Schema aufgebaut.

Struktur zur Aufgabenkonstruktion

- I. Beschreibung eines *Kontexts* evtl. mit einer Fragestellung, die sich auf den Kontext bezieht
 - II. *Lernprodukt* definieren
 - III. *Arbeitsschritte*: Beschreibung von Teilaufgaben und den dazugehörigen Materialien
 - IV. *Lernziel* der Aufgabe: Beschreibung des Schwerpunkts der Kompetenzentwicklung
 - V. *Aufgaben zur Weiterarbeit*
- Die Reihenfolge der Punkte III. und IV. kann vertauscht werden.

Abbildung 2: Struktur der Lernaufgaben

Die Beschreibung eines Kontexts zu Beginn dient der Motivation und soll aufzeigen, wie das erworbene fachliche Wissen angewendet werden kann.

Anschließend wird ein Lernprodukt definiert, welches keine eindeutige Lösung haben darf, sondern freie Gestaltungsmöglichkeiten beinhalten muss. Das Lernprodukt ist daher sehr allgemein formuliert. Für die Lernenden soll die Erstellung des Lernprodukts im Vordergrund stehen. Während dieses Prozesses werden die verschiedenen Kompetenzen weiterentwickelt.

Die erstellten Lernprodukte unterscheiden sich durch die freie Gestaltungsmöglichkeit bezogen auf den Umfang, die Komplexität und den Abstraktionsgrad. Hierbei wird das hohe Differenzierungspotenzial der Lernprodukte deutlich. Es ist außerdem sehr wichtig, dass die Lernprodukte nicht bewertet werden, weil Lernaufgaben im Lernraum eingesetzt werden, wo Fehler explizit erlaubt und für den Lernprozess oftmals förderlich sind. Dagegen kann der Arbeitsprozess von der Lehrkraft gut beobachtet und auf Grundlage von transparenten Kriterien bewertet werden.

Arbeitsschritte helfen die Arbeit am Lernprodukt zu strukturieren und zu konkretisieren. Dabei spiegelt sich in der Formulierung der Arbeitsschritte das ausgewählte Basismodell nach Oser wider. Zum Basismodell Konzeptbildung gehört beispielsweise immer ein Informationsteil, um ein prototypisches Muster durchzuarbeiten. Alle Arbeitsschritte können einer Phase des entsprechenden Basismodells zugeordnet werden. Ein Qualitätsmerkmal für erfolgreichen Unterricht ist nach Oser das vollständige Durchlaufen der Phasen. Dies wird durch die Formulierung und Abfolge der Arbeitsschritte erreicht.

Die Formulierung des Lernziels der Aufgabe dient der Konkretisierung des erwarteten Kompetenzerwerbs. Nachdem die Schülerinnen und Schüler das Lernprodukt erstellt haben, wird an dieser Stelle transparent gemacht, welche Kompetenzen bei der Arbeit am Lernprodukt weiterentwickelt wurden. Dazu wird das Lernziel in einer schülergerechten Sprache formuliert. Es kann sinnvoll sein, das Lernziel vor den Arbeitsschritten zu platzieren, um vor der Arbeit an den Aufgaben das Lernprodukt für die Schülerinnen und Schüler zu konkretisieren.

Die Aufgaben zur Weiterarbeit dienen der Differenzierung bezogen auf das Lerntempo. Diese Aufgaben sind der letzten Phase der Basismodelle nach Oser zuzuordnen. Hier wird das Erlernte auf andere Zusammenhänge oder Kontexte angewendet. Meist müssen im folgenden Unterricht noch weitere Aufgaben bearbeitet werden, um das Gelernte ausreichend zu vernetzen.

Struktur für Lernpläne für stark heterogene Lerngruppen

Bei der Erprobung von Lernaufgaben nach der vorgestellten Struktur in stark heterogenen Lerngruppen konnten in Bezug auf die oben genannten Zielsetzungen folgende Beobachtungen gemacht werden:

- Viele Schülerinnen und Schüler konnten die gestuften Aufgaben selbstständig mit den angebotenen Hilfen sinnvoll zur Kompetenzentwicklung nutzen. Die Lernschritte wurden durchlaufen.
- Für einige Schülerinnen und Schüler war die angebotene Aufgabenstruktur zu textlastig und komplex. Eine zielführende Lernaktivität konnte nicht beobachtet werden.
- Es ist häufig nicht möglich, alle Lernschritte eines Basismodells sinnvoll in einer Lernaufgabe abzubilden. Besonders bei den Lernschritten 0 und 5 (siehe Abbildung 1) ist es besser, sie auf mehrere Lernaufgaben zu verteilen.

Um den beiden letztgenannten Problemen zu begegnen, wurden die Lernaufgaben und auch andere Aufgabenformate in die übergeordnete Struktur eines Lernplans eingebunden (siehe Abbildung 3).

Lernplan zum Thema: (Beschreibung des Lernkontexts)

Lernprodukt: Erstelle ... (übergeordnetes Lernprodukt)

Lernlinie 1	Lernlinie 2	Lernlinie 3 (Erweiterung)
1. Aufgabe (Basis)	1. Methode (Basis)	1. Aufgabe (Erweiterung)
2. Aufgabe (Erweiterung)	2. Aufgabe (Basis)	2. Methode (Erweiterung)
3. Aufgabe (Basis)	3. Aufgabe (Erweiterung)	3. Aufgabe (Erweiterung)
4. ...	4. ...	4. ...

Erledigt: Markiere die Aufgaben, die du schon bearbeitet hast.

Abbildung 3: Struktur eines Lernplans

Das Thema des Lernplans nennt den Kontext der Unterrichtssequenz möglichst sinnstiftend, alltagsnah und motivierend. Idealerweise gibt es ein übergeordnetes Lernprodukt (Flyer, Glossar, digitales Lernprodukt ...), das die einzelnen Lernlinien und Aufgaben des Lernplans verbindet. Die Lernprodukte der einzelnen Teilaufgaben ergeben dann das übergeordnete Lernprodukt. Die Lernlinien unterteilen das Unterrichtsvorhaben. Lernlinien können Teilthemen des Unterrichtsvorhabens sein oder die Lernschritte eines Basismodells abbilden, z. B. kann in der ersten Lernlinie „Lernen durch Eigenerfahrung“ stattfinden und in der zweiten Lernlinie „Konzeptbildung“.

Aufgaben können Lernaufgaben nach der oben vorgestellten Struktur und auch andere Aufgabenformate sein. Als Planungshilfe für die Auswahl der Aufgaben ist das in der Qualitäts- und Unterstützungsagentur – Landesinstitut für Schule des Landes Nordrhein-Westfalen (QUA-LiS) entwickelte Lernstrukturgitter hilfreich. Bei den Lernlinien und Aufgaben des Lernplans findet eine Differenzierung in Basis und Erweiterung statt. Hierbei ist zu beachten, dass auch lernschwächere Schülerinnen und Schüler alle Lernschritte eines Basismodells

durchlaufen können und sollten, um einen optimalen Kompetenzzuwachs zu erreichen.

Einsatz von Lernplänen im Unterricht

Jede Schülerin und jeder Schüler hat den Lernplan in ihrer bzw. seiner Mappe. Die Aufgaben, Hilfen und ggf. Arbeitsblätter werden z. B. über ein Hängeregister bereitgestellt (siehe Abbildung 4). Die Aufgaben und Materialien haben immer das gleiche Layout, um die Orientierung zu erleichtern. Eine Tabelle mit den Arbeitsschritten soll es den Schülerinnen und Schülern erleichtern den Arbeitsstand zu dokumentieren.

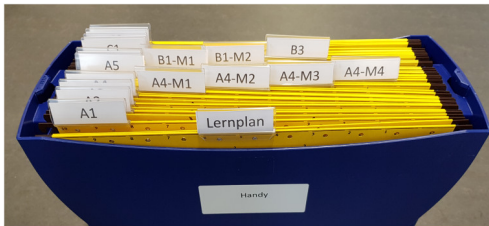


Abbildung 4: Bereitstellung der Materialien

Methoden aus dem kooperativen Lernen werden in den Aufgaben und auch bei der Erstellung des übergreifenden Lernprodukts sinnvoll eingebunden.

Um einen Überblick und den Bezug zum gemeinsamen Lerngegenstand im Gemeinsamen Lernen herzustellen, wird die Sachstruktur grafisch dargestellt. Im Unterricht wird diese Grafik genutzt, um den Bezug der Aufgabe zur Inhaltsstruktur des Unterrichtsvorhabens herzustellen.

2 Vorstellung ausgewählter Produkte

Anhand der Lernaufgabe *Waffeleisen* werden die wesentlichen Elemente der Aufgabenstruktur vorgestellt. Diese Lernaufgabe kann im Physikunterricht der Jahrgangsstufen 7 bis 10 in allen Schulformen eingesetzt werden und ist für einen Zeitumfang von 90 Minuten konzipiert. Die Lernaufgabe ist dem Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“ (LdE) zugeordnet.

Der beschriebene *Kontext* (Abbildung 5) zeigt auf, wie das erlernte Wissen in einer Alltagssituation angewendet werden kann, die Lernenden sollen *im Lernkontext ankommen* (Phase 0, LdE).

Wie viele Waffeleisen können angeschlossen werden?

Beim Schulfest sollen Waffeln und heiße Getränke verkauft werden. Dazu soll ein Wasserkocher und mehrere Waffeleisen an eine Mehrfachsteckdose angeschlossen werden.

Der Hausmeister fragt dazu: „Wie viele Waffeleisen wollt ihr denn anschließen? Ihr müsst aufpassen, dass die Sicherung nicht rausfliegt!“

Lernprodukt: Erstelle einen Hinweiszettel, der für den Standdienst beim Schulfest ausgelegt wird. Der Hinweiszettel soll darüber informieren, wie viele Waffeleisen man anschließen darf.

Abbildung 5: LdE, Phase 0; Kontext- und Lernproduktbeschreibung

Das Lernprodukt – das Verfassen eines Hinweiszettels – ist hinreichend allgemein beschrieben, dass verschieden gestaltete Produkte erstellt werden können. Die Schülerinnen und Schüler haben in der Praxis sehr unterschiedliche Hinweiszettel verfasst, die sich stark bezüglich des Umfangs, der Komplexität und des Abstraktionsgrades unterscheiden. Hier zeigte sich die selbstdifferenzierende Wirkung beim Erstellen des Lernprodukts.

Die Arbeitsschritte (Abbildung 6) orientieren sich an den Phasen 1–5 des Basismodells „Lernen durch Eigenerfahrung“ nach Oser.

Arbeitsschritte

1. Führe zu der Fragestellung: „Was geschieht mit der Stromstärke (I), wenn mehrere Geräte an eine Mehrfachsteckdose angeschlossen werden?“ ein Modellexperiment durch und werte es aus.
Material: Energiequelle (Steckdose); Kabel (Mehrfachsteckdose); Lampen (Waffeleisen); gewickelter Draht (Wasserkocher); Messgerät (Sicherung)
→ *Information*: Modellexperiment
2. Vergleiche dein Ergebnis mit mindestens zwei Gruppen. Seid ihr zu dem gleichen Ergebnis gekommen? Wenn nicht, diskutiert die Unterschiede und überlegt, ob Fehler bei der Durchführung gemacht wurden. Führe das Experiment, wenn nötig, noch einmal durch.
3. Jetzt weißt du, wie sich die Gesamtstromstärke (I_G) bei einer Parallelschaltung verändert. Eine Mehrfachsteckdose ist eine Parallelschaltung. Informiere dich über die Stromstärke (I) des Wasserkochers und eines Waffeleisens. → *siehe Lehrerpult*
4. Jetzt kannst du erklären, wie viele Waffeleisen man zusätzlich zu dem Wasserkocher anschließen kann. Schreibe einen Hinweiszettel, der an den Ständen des Schulfestes ausgelegt wird.

Abbildung 6: Lernen durch Eigenerfahrung, Phase 1–5; Arbeitsschritte

Im ersten Arbeitsschritt wird die Handlung, ein Experiment, geplant (Phase 1, LdE). Detaillierte Informationen zum Experiment werden durch ein Arbeitsblatt (*Information: Modellexperiment*) gegeben. Die Schülerinnen und Schüler lernen anhand des Experiments, wie sich die Gesamtstromstärke beim Anschließen mehrerer Elektrogeräte verändert.

Nach der Planung wird das Experiment durchgeführt (Phase 2, LdE) und die Beobachtungen werden notiert. Anschließend formuliert jede Gruppe auf Grundlage ihrer Beobachtungen ein Ergebnis. Dazu soll die Frage zum Experiment „Was geschieht mit der Stromstärke (I), wenn mehrere Geräte an eine Mehrfachsteckdose angeschlossen werden?“ beantwortet werden. Die Ergebnisformulierung ist der Phase 3, „Erstes Ausdifferenzieren“, des Basismodells „Lernen durch Eigenerfahrung (LdE)“ zuzuordnen.

Das Generalisieren der Ergebnisse (Phase 4, LdE) erfolgt im Arbeitsschritt 3 durch den Abgleich der Gruppenergebnisse mit mindestens zwei Gruppen.

Aufgaben zur Weiterarbeit

Trage in die Schaltskizze des Modellexperiments weitere Stromstärkemessgeräte ein. Sage an diesen Stellen die Stromstärke (I) voraus. Überprüfe deine Voraussagen durch eine Messung.

Abbildung 7: LdE, Phase 5; Aufgaben zur Weiterarbeit

Im Arbeitsschritt 4 wird das eigentliche Lernprodukt, der Hinweiszettel, erstellt. Dabei wird das Erlernte auf einen größeren Zusammenhang übertragen (Phase 5, LdE). Die Ergebnisse werden in den ursprünglichen Kontext übertragen. Die Aufgabe zur Weiterarbeit ist ebenfalls der Phase 5 des Basismodells „Lernen durch Eigenerfahrung“ zuzuordnen.

Zur Differenzierung werden bei der Planung des Experiments und der Formulierung des Ergebnisses Hilfen angeboten. Die Aufgaben zur Weiterarbeit (Abbildung 7) sind ein Angebot zur Differenzierung nach Lerntempo.

Die Unterschiede zwischen Lernaufgaben zu dem Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“ und denen zu dem Basismodell „Konzeptbildung“ (Kb) werden anhand der Aufgabe „Verwendung von Symbolen und Analogien zur Unterscheidung von Diabetes Typ I und Typ II“ dargestellt. Diese Lernaufgabe kann im Biologieunterricht der Jahrgangsstufen 8 bis 10 in allen Schulformen eingesetzt werden und ist für einen Zeitumfang von 90 Minuten konzipiert. Weil die Struktur der Lernaufgaben bei beiden Basismodellen gleich ist, wird auch in dieser Aufgabe zu Beginn ein Kontext beschrieben. Zunächst wird anhand eines an Diabetes Typ I erkrankten Jungen, dessen Onkel nun ebenfalls die Diagnose Diabetes erhalten hat, aufgezeigt, dass es zwei verschiedene Diabetes-Typen gibt und dass man komplexe Abläufe im menschlichen Körper mithilfe von Schaubildern unter Verwendung von Symbolen und Analogien vereinfacht erklären kann. Unmittelbar im Anschluss wird das *Lernprodukt* definiert (Abbildung 8).

Wie veranschauliche ich die Unterscheidung von Diabetes Typ I und Typ II in einem Schaubild?

[...] Tom wundert sich: Warum sieht die Therapie bei seinem Onkel so ganz anders aus als bei ihm? Warum soll sein Onkel sich nicht auch Insulin spritzen?

Er recherchiert im Internet und findet einen Text (→ *Information*, siehe Aufgabe 4). Außerdem findet er bei dem Text eine → *Abbildung*, die die Textinformation veranschaulichen will. Nachdem er beides studiert hat, geht ihm Folgendes nicht aus dem Kopf: „So ein Schaubild ist super. Durch die Symbole und Bilder wird das Ganze verständlich, auch ohne dass man den langen Text lesen muss. Erinnert mich irgendwie an die gezeichneten Erklärfilme in den Logo-Kindernachrichten früher... Allerdings: Diese Abbildung ist zwar sehr anschaulich, aber viel zu allgemein! Sie geht auf die Unterschiede zwischen den beiden Diabetes-Typen gar nicht ein!“

Lernprodukt: Verbessere die → *Abbildung*, die Tom gefunden hat, indem du zwei eigene Schaubilder entwickelst, die die Unterscheidung zwischen Typ I und Typ II veranschaulichen. Verwende dabei geeignete Symbole und Analogien [...]

Abbildung 8: Kb, Phase 0; Kontext- und Lernproduktbeschreibung

Aufgabe 1 (PA): Aktiviere dein Vorwissen über das Hormon Insulin und über den allgemeinen Wirkmechanismus von Hormonen!

- a) Erstelle dazu eine Mindmap zum Hormon Insulin (Bildungsort/Wirkort/Wirkung/Regulation: Bedingungen zur Ausschüttung und Beendigung der Ausschüttung ...).
- b) Wann und wie wirkt ein Hormon? Womit haben wir diesen spezifischen Wirkmechanismus eines Hormons auf seine Zielzelle verglichen? Ein solcher Vergleich eines abstrakten Prinzips mit einem Alltagsgegenstand wird auch Analogie genannt.

Abbildung 9: Kb, Phase 1, Auszug aus Aufgabe 1

Die *Arbeitsschritte* (Abbildung 9–11) gliedern sich entsprechend der Phasen des Basismodells Konzeptbildung. Aufgabe 1 (Abbildung 9) aktiviert das Vorwissen der Lernenden (Phase 1, Kb) bezogen auf die Verwendung von Symbolen und Analogien. Inhaltlich muss auch das Vorwissen zum Wirkmechanismus von Hormonen generell und speziell der Wirkweise des Hormons Insulin reakti-

viert werden. Die Aktivierung des Vorwissens entspricht der Phase 1 des Basismodells Konzeptbildung.

Was stimmt nicht bei Zuckerkranken

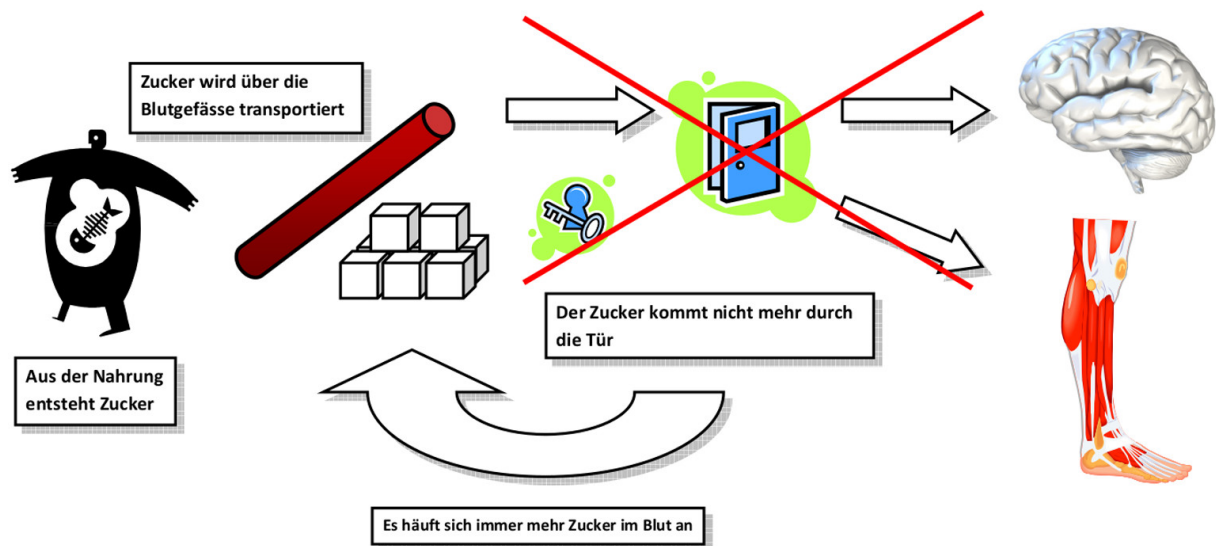


Abbildung 10: Kb, Phase 2; Grafik zu Arbeitsschritt 2 (Quelle: kik AG, <https://www.kiknet.ch/app/download/7977474586/02d+Plakat++Diabetes.pdf?t=1442470513> [25.06.2020] CCBY SA)

Die Grafik „Was stimmt nicht bei Zuckerkranken“ (Abbildung 10) enthält etliche Symbole und Analogien zur Veranschaulichung der Abläufe im Körper eines Diabetespatienten. Auf der Grundlage der symbolischen Darstellungen und durch gezielte Arbeitsaufträge, die durch Hilfen unterstützt werden, sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, die Verwendung von Symbolen und Analogien zu verstehen. Im Gegensatz zum Basismodell Lernen durch Eigenerfahrung, wo aus selbst gemachten Erfahrungen gelernt wird, werden hier alle benötigten Informationen in aufbereiteter Form gegeben und der Lernprozess wird sehr stark geleitet. Dies geschieht durch das Durcharbeiten eines Prototyps (Phase 2, Kb). Der Prototyp ist hier die Grafik (Abbildung 10) und die dazugehörigen Aufgabenstellungen, die sich auf die dort verwendeten Symbole und Analogien beziehen.

Aufgabe 3: ... Überlege gemeinsam mit deinem Nachbarn für alle acht Symbole bzw. Analogien in der Abbildung, worin dieser Zusammenhang bzw. die Ähnlichkeit mit der jeweils dahinterstehenden Struktur bzw. Sachverhalt jeweils besteht. ...

Vor der Weiterarbeit vergleicht eure Ergebnisse mit dem Lösungsblatt am Lehrerpult.

Abbildung 11: Kb, Phase 3, Auszug aus Aufgabe 3

Nach dem Durcharbeiten des Prototyps erfolgt das Darstellen der wesentlichen Prinzipien (Phase 3, Kb). Dies wird durch das Bearbeiten der Aufgabe 3 (Abbildung 11) erreicht. Die Lernenden bearbeiten die Aufgabe in Partnerarbeit und kontrollieren die Lösungen mit einem Lösungsblatt. Dieser Abgleich ist entscheidend, weil sichergestellt werden muss, dass die wesentlichen Prinzipien erkannt wurden.

Erst dann kann das Erlernte auf einen weiteren Zusammenhang angewendet werden (Phase 4, Kb). Die Schülerinnen und Schüler können nun das Lernprodukt, eine Darstellung zur Unterscheidung von Diabetes I und II, erstellen. Dazu ist es unerlässlich passende Symbole und Analogien zu verwenden.

Die sinnvolle Verwendung von Symbolen und Analogien lernen die Schülerinnen und Schüler in dieser Aufgabe zum Basismodell „Konzeptlernen“ an einem Beispiel (Prototyp). Der Lernprozess durch Konzeptlernen unterscheidet sich dabei grundlegend vom Lernen durch Eigenerfahrung. Beim Lernen durch Eigenerfahrung müssen die Lernenden eigene Schlüsse aus ihren Erfahrungen ziehen, der Lernprozess ist dabei wenig angeleitet. Der Lernprozess beim Konzeptlernen ist dagegen viel stärker gelenkt.

Vorstellung und Erläuterung von Lernplänen

Für den Lernplan wurde das Thema „Kommunizieren mit dem Handy“ gewählt, da das Handy in der Lebensrealität eine bedeutende Rolle spielt und die geforderten Kompetenzen des Kernlehrplans Wahlpflichtfach Naturwissenschaften für Gesamtschulen hier gut anbindbar sind (Inhaltsfeld 6: Kommunikation und Information).

Lernplan zum Kontext: Kommunizieren mit dem Handy

Der Kontext wurde in vier Lernlinien unterteilt, „A Von Handy zu Handy – Funkzellen“, „B Sprechen und Hören – Schallwellen“, „C Geheimnisvolle Wellen“ und „D 1- oder 0-Digitalisierung“. Die Lernlinien sind im inhaltlichen Überblick und im Lernplan dargestellt. Die Lernaufgabe „Kommunikation früher und heute“ dient zum Einstieg in den Lernkontext.

Im Verlauf des Unterrichtsvorhabens erfolgt mehrfach eine Visualisierung der Lernlinien im Kontext (Abbildung 12).

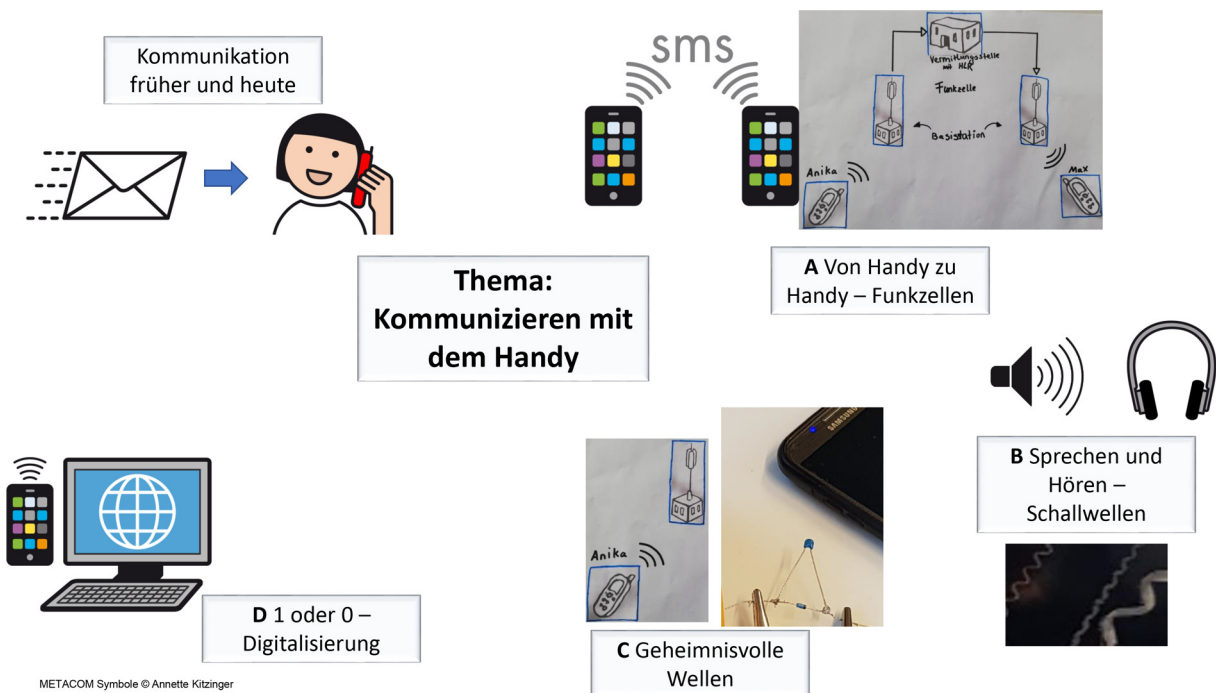


Abbildung 12: Visualisierung der Lernlinien im Kontext

Die Lernlinien werden anhand der Aufgaben im Lernplan strukturiert (siehe Abbildung 13).

In der ersten Lernlinie „A Von Handy zu Handy – Funkzellen“ geht es um die Übertragung von Informationen zwischen zwei Handys. Durch die Bearbeitung der Aufgaben A1 und A2 können die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass zwei Handys nicht direkt miteinander kommunizieren können. In den Aufgaben A3 und A4 geht es um den Aufbau und die Funktion von Handynetzen. Die leistungstärkeren Schülerinnen und Schüler können im Rahmen der Aufgabe A5 (Erweiterung) die erlangten Kompetenzen in einem anderen Zusammenhang anwenden. In der zweiten Lernlinie „B Sprechen und Hören – Schallwellen“ kann der Umgang mit den zentralen Konzepten Schwingung, Amplitude und Frequenz erlernt werden. Der Umgang mit diesen Konzepten ist Voraussetzung für die folgenden Lernlinien. Die Eigenschaften, Ausbreitung und Bereiche elektromagnetischer Strahlung sind Gegenstand der Lernlinie „C Geheimnisvolle Strahlung“. In der Lernlinie „D Eins oder null – Digitalisierung“ geht es um die digitale Übermittlung von Informationen mittels verschiedener Modulationsverfahren.

Lernplan zum Thema: Kommunizieren mit dem Handy
 Lernprodukt: Erstelle einen Informationsbereich für Schülerinnen und Schüler im OneNote-Notizbuch

A Von Handy zu Handy – Funkzellen	B Sprechen und Hören – Schallwellen	C Geheimnisvolle Strahlung	D Eins oder null – Digitalisierung
1. Experiment: Verbindungsaufbau (Basis)	1. Schallwellen (Basis)	1. Experiment: Handystrahlung messen (Basis)	1. Eine SMS verschicken – Einsen und Nullen (Basis)
2. Experiment: Empfangstest (Basis)	2. Ohr und Hören (Basis)	2. Telefonieren beim Tauchen? – Was hält die Funkwellen auf? (Basis)	2. Informationen über Wellen verschicken – Modulationsverfahren (Basis)
3. Wo ist der nächste Funkmast? (Basis)	3. Hunde hören besser als Menschen – Hörbereiche (Erweiterung)	3. Im Keller ist der Akku schneller leer? – Dynamische Leistungsregelung (Erweiterung)	
4. Annika ruft Max an – Von Handy zu Handy (Basis)		4. Vom Radio bis zum Röntgen – Elektromagnetische Strahlung (Basis)	
5. Verbrecher gefasst – Handyortung (Erweiterung)		5. Voll verstrahlt! Wie gefährlich ist Handystrahlung? (Erweiterung)	

✓ Erledigt: Markiere die Aufgaben die du schon bearbeitet hast.

Abbildung 13: Lernplan zum Thema: Kommunizieren mit dem Handy

Digitalisierter Lernplan zum Kontext Farben

Der Lernplan „Farben-Sehen bei Mensch und Tier“ ist zusammengesetzt aus vier Elementen (Abbildung 14: Startseite zum Lernplan mit vier Elementen): eine hinführende Wiederholung, zwei Lernaufgaben, die das Farbsehen bei Menschen und Tieren zum Inhalt haben und, als Klammer des ganzen Lernplans, die Erstellung eines Erklärvideos als Lernprodukt. Der Lernplan wird in der Praxis digital als pdf-Dokument für Tablets angeboten, damit die Lernenden selbstständig darin navigieren sowie die gestuften Hilfen und Querverweise nutzen können. Im digitalen Angebot kommen wesentliche Gestaltungsmerkmale von Aufgaben für heterogene Lerngruppen besonders gut zur Geltung: wiederkehrende Symbole zu Sozialform, Handlungsform und zur Illustration der Aufgabenstellung, Anlehnung an Leichte Sprache, variabel wählbare Schriftgröße vor pastellfarbigem Hintergrund, leicht auffindbare gestufte Hilfen sowie der im Inhaltsfeld „Farben“ unverzichtbare Einsatz farbiger Abbildungen. Zu den vier Elementen des Lernplans: Die hinführende Wiederholung thematisiert den Weg des Lichts von der Sonne unterwegs zum Auge. Die zwei Lernaufgaben sind idealtypisch aufgebaut. Die beiden daraus folgenden Zwi-

schenschritte bereiten die Lernenden inhaltlich und methodisch auf das komplexe Lernprodukt, das Erstellen eines Erklärvideos, vor: Die Lernaufgabe „Nachts sind alle Katzen grau. Farben-Sehen beim Menschen“ mündet darin, einen Versuch zum Farbsehen beim Menschen durchzuführen und per Video zu dokumentieren. Das Produkt zur Lernaufgabe „Farben-Sehen bei Tieren“ ist eine Tabelle, die zum Vergleich der Farbwahrnehmung anregt. Die Produkte sind offen formuliert, sodass sowohl bildhafte und gesprochene als auch schriftliche oder hybride digitale Lösungen möglich sind. Dazu ein Beispiel: Ein Schüler mit Förderbedarf KM hielt privat Hauskaninchen und recherchierte zu deren Farben-Sehen. Als Produkte erstellte er ein klassisches Plakat in Papierform mit Überschriften und die Tabelle digital. Zusätzlich präsentierte er blau- und grünstichige Bilder in Dauerschleife, die das Farben-Sehen bei Kaninchen simulierten. Im selbst gesprochenen Kommentar gab er zu verstehen, dass er unerwartet viel Neues über seine Lieblingstiere gelernt habe.



Abbildung 14: Startseite zum Lernplan mit vier Elementen (METACOM Symbole, © Annette Kitzinger)

3 Evaluation, Schlussfolgerungen und Perspektiven

Die Lernaufgaben wurden in verschiedenen Lerngruppen an Gesamtschulen, Realschulen und Gymnasien erprobt. Die Rückmeldung der Lehrerinnen und Lehrer hat ergeben, dass die Struktur der Aufgaben und die Orientierung an den Basismodellen des Lernens gut geeignet sind, den Lernprozess der Lernenden zu strukturieren. Für die Schülerinnen und Schüler waren die Struktur und das Lernziel klar und der Arbeitsprozess war überwiegend reibungslos und zielführend.

Die strikte materiale Steuerung konnte aber nicht durchgehalten werden. Bei vielen Aufgaben musste zeitweise auf eine personale Steuerung zurückgegriffen werden. Insbesondere der Abgleich von Ergebnissen musste häufig im Plenum erfolgen, um sicherzustellen, dass alle Schülerinnen und Schüler die wesentlichen Prinzipien verstanden hatten. Die personale Steuerung hat den Vorteil, dass die Lehrperson durch gezielte Impulse die wesentlichen Erkenntnisse akzentuieren kann.

Die Ausgabe von sehr vielen Arbeitsblättern bei einigen Aufgaben wurde sowohl von Lehrerinnen und Lehrern als auch von Schülerinnen und Schülern negativ bewertet. Eine digitale Aufbereitung der Materialien kann die Materialflut verhindern und den Arbeitsprozess noch besser strukturieren.

Lernaufgaben, die in stark heterogenen Lerngruppen über Lernpläne organisiert und strukturiert wurden, waren gut geeignet, die notwendigen Lernschritte des Lernprozesses auf unterschiedlichen Niveaus zu organisieren.

Wenn Aufgaben über einen Lernplan organisiert wurden, ermöglichte dies der Lehrkraft, einzelnen Schülerinnen und Schülern bestimmte Aufgaben flexibel zuzuweisen.

Durch das Angebot von Hilfen und Lösungen konnte an vielen Stellen selbstständiges und zielführendes Arbeiten beobachtet werden.

Die Einbindung der Aufgaben in einen sinnstiftenden Kontext erleichterte es den Schülerinnen und Schülern, die Sinnhaftigkeit ihrer aufgabengeleiteten Handlungen nachzuvollziehen. Der grafische, thematische Überblick (roter Faden) über den Lerngegenstand unterstützte diese Zielsetzung.

Lernprodukte motivierten die Schülerinnen und Schüler und ermöglichten eine kreative und kooperative Erstellung auf unterschiedlichen Niveaus. Besonders motivierend war es, wenn die Lernprodukte der einzelnen Teilaufgaben einen Beitrag zu einem übergreifenden Gesamtprodukt lieferten.

Durch die Unterstützung der Kooperation und der Kommunikation der Schülerinnen und Schüler untereinander konnte eine verstärkte kognitive Aktivierung beobachtet werden. Der sachbezogene Sprachanteil der Schülerinnen und Schüler wurde höher.

Entwicklungsaufgaben

Bei den erstellten Aufgaben und Lernplänen beschränkten sich die kooperativen Lernformen meistens auf Partnerarbeit. Eine verstärkte Einbindung kooperativer Lernformen, die auch die Kommunikation zwischen den Gruppen fördert, eine klare Aufgaben- und Rollenverteilung sowie die Einführung von Helfersystemen wird angestrebt.

Unterrichtssituationen, in denen verschiedene Gruppen individuell experimentieren, sind sehr herausfordernd. Einige Experimente bergen Gefahren, müssen nach genauer Anleitung verwendet werden und Geräte können bei nicht sachgerechter Nutzung Schaden nehmen. Ein Entwicklungsschwerpunkt für die Zukunft ist die Entwicklung von Experimenten mit robusten Materialien, die vielfältige und kreative Experimente zulassen. Diese Art von Experimenten ist notwendig, um die selbstständige Arbeit mit Lernaufgaben zu ermöglichen.

Die Entwicklung von digitalen Medienangeboten ist anzustreben, um die differenzierten Aufgaben, Hilfen und Lösungen effektiv zur Verfügung zu stellen. Auch die Erstellung digitaler Lernprodukte wirkt zusätzlich motivierend (Online-Notizbuch, Podcasts, Audiopräsentationen, Lernvideos ...).

Perspektiven

Im Rahmen dieser Arbeit ist ein regionales Netzwerk aus fünf Gesamtschulen mit engagierten Lehrkräften im Kölner Raum entstanden.

Das regionale Netzwerk Köln/Bonn bietet eine analoge und digitale Austauschplattform. Präsenztreffen in den beteiligten Schulen dienen der inhaltlichen Verbesserung der Lernaufgaben und nicht zuletzt der Vertrauensbildung der Beteiligten zueinander. Digital – hier der Zugriff auf ein Lernmanagement-

system mit vollen Up- und Downloadrechten – und analog – hier Unterricht und Rückmeldekultur – finden besser zueinander, wenn sich die Beteiligten kennen. Die Lehrkräfte haben Zugriff auf einen Werkzeugkasten mit Planungshilfen.

Feedback aus einem Workshop an einer der beteiligten Schulen

Aufgabenentwicklung wird erlebt als Herausforderung, die im besten Fall kooperativ im multiprofessionellen Team bewältigt werden kann. Die Basismodelle sind auch für andere Fächer tragfähig. Beispielsweise erkannte eine Kollegin mit dem Fach Englisch Querverbindungen zu Anwendungen für Konzeptlernen. Teilnehmende entwickeln die Fähigkeit zur bewussten Auswahl geeigneter Werkzeuge zur Aufgabenentwicklung. Auf die Fiktion eines Allzweckwerkzeugs kann verzichtet werden. Die Werkzeuge lösen unterschiedliche Probleme – mit der Zange schlage ich nur zur Not einen Nagel ein. Phasen mit stark materialer Steuerung durch Lernaufgaben müssen gut abgestimmt sein mit Phasen stark personaler Steuerung.

Weiterführung der Netzwerkarbeit über das SINUS-Projekt hinaus

Um die Unterrichtsentwicklung in dem Netzwerk fortsetzen zu können, hat sich das Fachteam Naturwissenschaften der Gesamtschule Hürth als Referenzschule im „Netzwerk Zukunftsschulen NRW – Netzwerk Lernkultur Individuelle Förderung des Ministeriums für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen“ beworben. In dem Netzwerk werden die teilnehmenden Schulen mit entsprechenden Rahmenbedingungen in der gemeinsamen Netzwerkarbeit unterstützt.

Literatur

- Leisen, J. (2011). Kompetenzorientiert unterrichten. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 22 (123, 124), 4–10.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). *Zukunftsschulen NRW*. Verfügbar unter <https://www.zukunftsschulen-nrw.de> [19.01.2020].
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T. & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster: Waxmann.
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). *Lernstrukturgitter als Planungshilfe im zieldifferent geplanten naturwissenschaftlichen Unterricht*. Verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusive-fachunterricht/zu-den-naturwissenschaftlichen-fachern/lernstrukturgitter-als-planungshilfe> [04.01.2020].
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (Hrsg.) (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich* (1. Aufl.). Münster: Waxmann.
- Trendel, G. & Lübeck, M. (2018). Die Entwicklung experimenteller Kompetenzen. Konstruktion von Aufgaben zur systematischen Kompetenzentwicklung und Kompetenzüberprüfung. In G. Trendel & J. Roß (Hrsg.), *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten. Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken* (Beiträge zur Schulentwicklung | Praxis, 1. Aufl., S. 117–149). Münster: Waxmann.
- Wackermann, R. & Krabbe, H. (2017). Die Basismodelle des Lehrens und Lernens. *MNU-Journal* 70 (02), 122–130.

Projektgruppe

Katja Aach, ZfsL Bielefeld

Ulrike Felbick, Geschwister-Scholl-Gymnasium Unna

Markus Fölling, PAB Gesamtschule Werther

Chantal Gobrecht, Dietrich-Bonhoeffer-Gymnasium Ratingen

Cornelia Pätzelt, Städt. Gesamtschule Harsewinkel

Katrin Pestkowski, Geschwister-Scholl-Gymnasium Unna

Laura Rueß, Gesamtschule Velbert-Mitte

Johannes Schwichtenhövel, Städt. Gesamtschule Delbrück

Kathrin Sliwka, Städt. Gesamtschule Harsewinkel

Florian Spickermann, Theodor-Heuss-Gymnasium Essen

Johannes Stute, PAB Gesamtschule Werther

Sven Theis, Städt. Gesamtschule Harsewinkel

Rainer Wackermann, Ruhr-Universität Bochum

Lorena González, Katharina-Henoth-Gesamtschule, Köln-Vingst

Guido Görgens, Gesamtschule Köln-Holweide

Horst Kraus (Koordinator), Gesamtschule Köln-Holweide

Thomas Jockweg, Gesamtschule Köln-Holweide

Nils Kalaitzidis, Katharina-Henoth-Gesamtschule, Köln-Vingst

Andreas Kissenbeck, Gesamtschule Köln-Holweide

Tanja Lauer-Moog, Gesamtschule Hürth

Helmut Möhlenkamp (Koordinator), Gesamtschule Hürth

Monika Pastor, Gesamtschule Leverkusen

Anja Spaeth, Gesamtschule Hürth

Patricia Swertz, Gesamtschule Wasseramselweg, Köln

Patrick Werner, Gesamtschule Hürth

Vernetztes Lernen im Chemieunterricht

Mit einer Strukturierungs-Map den Lernerfolg erhöhen

ALEXANDER ROTHER, MAIK WALPUSKI

Die Ergebnisse des Ländervergleichs 2012 und des Bildungstrends 2018 zeigen, dass viele Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen* noch nicht einmal die Mindeststandards im Fach Chemie (Kompetenzstufe II) erreichen. Eine Hypothese zur Deutung dieser Befunde ist, dass Konzeptwissen vor allem deshalb nicht erworben wird, weil wichtige fachliche Ideen und Zusammenhänge schon früh im Unterricht nicht verstanden werden, was einen weiteren Wissensaufbau erschwert. Das Ziel dieses Projekts ist daher eine gezielte Darstellung der Zusammenhänge fachlich bedeutsamer Ideen und deren hierarchischer Zusammenhänge, um eine Förderung dieser Schülerinnen und Schüler besser zu ermöglichen. Dazu werden ihnen und den Lehrkräften eine logisch aufeinander aufbauende Netzstruktur der grundlegenden Kernideen für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I und entsprechende Diagnoseaufgaben zur Verfügung gestellt.

Diese Strukturierungs-Map folgt den Prinzipien der Learning Progressions – ähnlich der Konzeptionen der American Association for the Advancement of Sciences (AAAS, 2007) – und kann sowohl als Unterrichtsplanungshilfe, als Strukturierungshilfe bzw. Advance Organizer im Unterricht als auch als Diagnoseinstrument zur Überprüfung des Lernerfolgs eingesetzt werden. Diese Einsatzmöglichkeiten mit konkreten Beispielen werden im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt.

Die Entwicklung der Strukturierungs-Map und der zugehörigen Diagnoseaufgaben sowie deren Erprobung und Evaluierung erfolgte in enger Kooperation mit der Fachdidaktik Chemie der Universität Duisburg-Essen (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Walpuski).

Zu diesem Projekt gab es in der Veröffentlichung „SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten“ von 2018 einen Zwischenbericht mit dem Titel: „Eine Landkarte des Lernens im Chemieunterricht – Vernetztes Lernen anlegen und mit Diagnoseaufgaben sichern“ (QUA-LiS NRW, 2018).

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Ausgangslage

Den Ausgangspunkt für das hier vorgestellte Projekt bildeten die Ergebnisse des IQB-Ländervergleichs 2012 (Pant et al., 2013), die im Fach Chemie insbesondere für das Land NRW erhebliche Defizite aufzeigen.

Außerhalb der Gymnasien erreichten zu diesem Zeitpunkt sehr viele Schülerinnen und Schüler in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie nicht die Regelstandards (Kompetenzstufe III); in NRW waren es ca. zwei Drittel aller Schülerinnen und Schüler (Fachwissen: NRW 69,7%, bundesweit 62,1%; Erkenntnisgewinnung: NRW 65,1%, bundesweit 55,1%). Selbst die *Mindeststandards* (Kompetenzstufe II) wurden von 32,1% der Schülerinnen und Schüler in NRW (bundesweit 26,1%) im Bereich

Fachwissen und von 26,9% in NRW (bundesweit 19,1%) im Bereich Erkenntnisgewinnung – außerhalb des Gymnasiums – nicht erreicht. Der aktuelle IQB-Bildungstrend 2018 (Stanat et al., 2019) weist zwar keine nach Schulformen differenzierten Leistungen mehr aus, insgesamt haben sich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler bundesweit im Fach Chemie aber tendenziell verschlechtert. In NRW sind die Leistungen annähernd unverändert auf niedrigem Niveau, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Problem nach wie vor aktuell ist.

Auch wenn die Gründe für diese auffälligen Defizite bisher nicht eindeutig ermittelt sind, so ist doch offensichtlich, dass Maßnahmen erforderlich sind, um den Erwerb der in den Standards geforderten Kompetenzen für einen wesentlichen Teil der Lernenden zu ermöglichen. Der – im Vergleich zu einigen anderen Fächern – stark hierarchische Aufbau des Fachwissens im Fach Chemie kann hier eine besondere Herausforderung sein, da Defizite aus frühen Lernphasen ein späteres Lernen nahezu unmöglich machen. Bekannt ist z. B., dass viele Schülerinnen und Schüler Probleme haben, wenn von der Kontinuumsebene (Stoffebene) auf die Diskontinuumsebene (Teilchenebene) gewechselt wird (Johnstone, 1991). Außerdem konnte eine aktuelle Studie mit Schülerinnen und Schülern in Schleswig-Holstein zeigen, dass innerhalb der Basiskonzepte die Kompetenzentwicklung im Chemieunterricht hinter den Erwartungen zurückbleibt (Bernholt, Höft & Parchmann, 2020).

Eine Ursache für diese Schwierigkeiten – und dies ist die Grundannahme des Projekts – ist vermutlich die fehlende Sichtbarkeit eines „roten Fadens“ im Lernprozess bzw. das Fehlen einer vernetzten Struktur grundlegender fachlicher Ideen und Konzepte bei vielen Schülerinnen und Schülern. So konnte eine aktuelle Studie aus den USA zeigen, dass ein Unterricht, der eine Progression fachlicher Konzepte explizit berücksichtigt, förderlich für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler ist (Shin et al., 2019). Vor dem Hintergrund, dass kumulatives Lernen für anschlussfähiges Wissen in den Naturwissenschaften unabdingbar ist (Fischer et al., 2007) und Kompetenzen aus dem Bereich Fachwissen zum Erwerb von Kompetenzen in anderen Kompetenzbereichen benötigt werden (Hostenbach & Walpuski, 2013), war es erklärtes Ziel dieses Projekts, eine Unterstützungsmaßnahme zum Erwerb entsprechend *vernetzten Wissens* zu entwickeln.

Dabei fiel die Wahl auf die Entwicklung einer hierarchischen Wissens-Map, da diese auf vielfältige Art im Unterricht eingesetzt werden kann (siehe unter 3.). Darüber hinaus haben sich solche Wissens-Maps an unterschiedlichen Stellen bereits als hilfreich erwiesen. In Netzen organisierte Sachstrukturanalysen helfen bei der Wissensvermittlung (Niedderer, 1974) und können u. a. als Advance Organizer dienen (Holländer & Melle, 2012). Insbesondere im angloamerikanischen Raum werden sogenannte *Strand Maps* bereits zur Strukturierung von Unterricht eingesetzt (AAAS, 2007). Hier liegen auch für ausgewählte Teilbereiche, wie z. B. das Energiekonzept, positive Befunde für deren Lernwirksamkeit vor (Fortus et al., 2015).

Auch Lernpsychologen (Seel, 2000) schlagen vor, dass zum Zweck des Lernens sogenannte „Ankerideen“ in den Prozess der Wissensaneignung eingebracht werden sollen, die im Idealfall zum kumulativen Aufbau neuer Wissensstrukturen beitragen können. Das Vorhandensein entsprechend vernetzter Strukturen ist nach lernpsychologischen Erkenntnissen die Voraussetzung dafür, in einem Lernprozess neue Informationen aufzunehmen und Kompetenzen entwickeln zu können. Dabei werden neue Ideen an bereits vorhandene

Wissensstrukturen angebunden. Kumulatives Lernen ist folglich für ein anschlussfähiges und flexibel anwendbares Wissen in den Naturwissenschaften unabdingbar, wobei die hierarchische Funktion bestehender Lernelemente für den Erwerb neuer Elemente besonders zu beachten ist. Entsprechend muss auch der Unterricht an einem solchen Vernetzungsgedanken orientiert sein.

Auch neuere fachdidaktische Forschung greift die oben beschriebenen Ideen zum kumulativen Lernen in sogenannten „Learning Progressions“ auf. Learning Progressions beschreiben mögliche Wege der Kompetenzentwicklung und geben eine bestimmte Abfolge von Fähigkeiten und Kernideen vor, die die Schülerinnen und Schüler im Laufe einer längeren Zeitspanne erworben haben sollen, indem sie den gestellten Anforderungen gerecht werden und die erforderlichen Kompetenzen schrittweise durch die verschiedenen Progressionsstufen durchschreitend entwickeln (Abbott, 2014).

Vorgehensweise

Analog zur Vorgehensweise der American Association for the Advancement of Sciences (AAAS) wurden im hier vorgestellten Projekt zunächst *Kernideen* beschrieben, die die Basiskonzepte im Fach Chemie für das erste, zweite und dritte Lernjahr strukturieren. Diese wurden durch detaillierte *Beschreibungen* und *Diagnoseaufgaben* ergänzt. Die Kernideen wurden innerhalb der Basiskonzepte in einer sachlogischen Reihenfolge angeordnet, dabei wurden auch Zusammenhänge zu Kernideen anderer Basiskonzepte aufgezeigt. Das Ergebnis ist ein Überblick über hierarchisch gegliederte und miteinander verbundene Kernideen, die Strukturierungs-Map. Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang der vier Strukturelemente des Projekts.

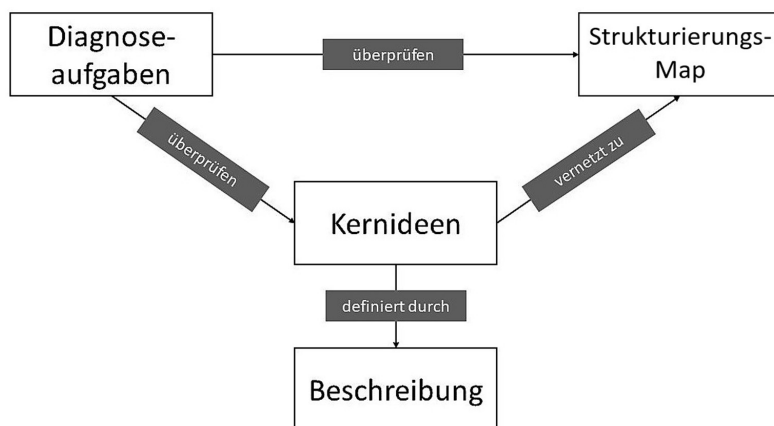


Abbildung 1: Zusammenhang der Strukturelemente des Projekts

Für den Aufbau einer vernetzten Struktur des Gelernten sind in einem ersten Schritt einzelne Kernideen zu definieren. Kernideen beschreiben grundlegende Vorstellungen bzw. Konzepte im Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen*, die zum Verständnis eines Themenfeldes beitragen. Kernideen gehen damit deutlich über die Abbildung einfacher Fakten hinaus, weil sie zentrale Annahmen der Chemie darstellen, die zur Erklärung verschiedener Phänomene und Zusammenhänge genutzt werden können. Eine dieser Kernideen im Basiskonzept Struktur der Materie lautet beispielsweise: „Die Verteilung der Elektronen in der Atomhülle kann durch das Schalenmodell beschrieben werden“. Die Kernideen sollen durch die strukturierte Verknüpfung ein anschlussfähiges Lernen ermöglichen und stellen somit die Voraussetzung für die Bewältigung weiterer

Aufgaben sowohl im Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen* als auch in den Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* dar.

Die vernetzte Übersicht der Kernideen wird als Strukturierungs-Map bezeichnet und zeigt eine sinnvolle Reihenfolge der grundlegenden Kernideen des Faches Chemie und ihrer Abhängigkeiten auf. Selbstverständlich bewegen sich die Inhalte der Strukturierungs-Map innerhalb des Rahmens des Kernlehrplans. Wenngleich die Strukturierungs-Map Kernideen abbildet, die sich auf den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ beziehen lassen, können dadurch aber auch andere Kompetenzbereiche des Faches Chemie gefördert werden. So lässt sich bspw. die Kernidee SdM-II.7, „Im PSE sind alle Elemente in einer festgelegten Reihenfolge angeordnet“, konkret mit Kompetenzen aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung und Kommunikation verknüpfen, indem die Schülerinnen und Schüler bspw. im Bereich der *Erkenntnisgewinnung* „[...] besondere Eigenschaften von Elementen der 1., 7. und 8. Hauptgruppe mit Hilfe ihrer Stellung im Periodensystem erklären (E7)“ oder im Bereich der *Kommunikation* „[...] sich im Periodensystem anhand von Hauptgruppen und Perioden orientieren und hinsichtlich einfacher Fragestellungen zielgerichtet Informationen zum Atombau entnehmen (K2)“, Inhaltsfeld 5 „Elemente und ihre Ordnung“ aus dem Kernlehrplan für Gesamtschulen (MSW, 2013).

Eine Verknüpfung der oben genannten Kernidee mit dem Kompetenzbereich *Kommunikation* lässt sich beispielsweise im Unterricht realisieren, indem die Schülerinnen und Schüler die Reaktivität der Alkalimetalle recherchieren. Darüber hinaus können die Schülerinnen und Schüler im Bereich der *Erkenntnisgewinnung* das Periodensystem der Elemente nutzen, um Voraussagen darüber zu machen, dass mit zunehmender Schalenanzahl das Außenelektron leichter abgegeben wird oder wenn Schülerinnen und Schüler die Reaktivität der Alkalimetalle experimentell erfahren.

In diesem Projekt wurde die Strukturierungs-Map im Rahmen der Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg-Essen (Fachdidaktik Chemie) untersucht, sodass die zunächst vermuteten Abhängigkeiten empirisch geprüft werden konnten. Außerdem wurde die Map ein Jahr im Regelunterricht eingesetzt und eine Auswertung über Schülerdaten und Schülerfragebogen durchgeführt, aus denen erste Hinweise auf die Wirksamkeit der Methode abgeleitet werden können.

Aufbau der Strukturierungs-Map

Die Kernideen wurden von einer Expertengruppe aus Schulpraxis, Schuladministration und Fachdidaktik formuliert und unter der Annahme strukturiert, dass die vorausgehende Kernidee notwendig ist, um die darauffolgende verstehen zu können. Diese Beziehungen sind in der Map durch Pfeile gekennzeichnet. Anschließend wurden diese Annahmen mithilfe entsprechender Diagnoseaufgaben durch die Fachdidaktik Chemie der Universität Duisburg-Essen wissenschaftlich geprüft. Dazu haben die Schülerinnen und Schüler fünf Diagnoseaufgaben pro Kernidee bearbeitet (siehe 3. Ergebnisse und Erfahrungen). Auf Basis der empirischen Ergebnisse wurden die nachgewiesenen Beziehungen mit grünen Punkten auf den Pfeilen gekennzeichnet. Bei den nicht gekennzeichneten Pfeilen konnte entweder keine Abhängigkeit evaluiert werden, beispielsweise weil die Eingangsidee schon nicht verstanden worden ist (häufigste Ursache), oder weil sich die angenommene Abhängigkeit in den Daten nicht zeigte (seltene Ursache). Die Pfeile zwischen den Kernideen des dritten Lernjahres sind ebenfalls nicht durch zusätzliche Punkte gekennzeichnet, da

eine empirische Prüfung dieser Abhängigkeiten in der vorgegebenen Projektlaufzeit nicht vorgesehen war.

Diagnoseaufgaben

Zu jeder Kernidee gibt es fünf Diagnoseaufgaben, die als Multiple-Choice-Aufgaben konzipiert sind, d. h. sie bestehen aus vier Antwortmöglichkeiten mit einer richtigen Antwortmöglichkeit (Attraktor) und drei falschen Antworten (Distraktoren). Diese Diagnoseaufgaben können im Unterricht eingesetzt werden, um zu klären, inwieweit die Kernidee von den Lernenden bereits beherrscht wird oder nicht. Sie beziehen sich explizit auf die mit einer Kernidee verbundenen Erwartungen. Die vollständige Sammlung der Diagnoseaufgaben kann über die Internetseite des SINUS-Projekts¹ abgerufen werden.

Ziele

Die in diesem Projekt entwickelte Strukturierungs-Map kann für den Unterricht auf verschiedene Arten genutzt werden. Sie kann eine *Planungshilfe* für Lehrerinnen und Lehrer sein, mit der die Lehrkräfte logisch abgestimmte Unterrichtsschritte entwickeln können. Grundsätzlich könnte sie daher auch bei der Erstellung von Lehrplänen (z. B. schulinterne Curricula) eine wichtige Rolle spielen. Die Funktion einer Planungshilfe kann auch im Unterricht als *Advance Organizer* angewandt werden. Zusammen mit den Diagnoseaufgaben ist die Map zugleich ein *Diagnoseinstrument*, um den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler zu begleiten und zu kontrollieren.

Als *Strukturierungshilfe* für die Schülerinnen und Schüler kann die Map die Zusammenhänge der Kernideen veranschaulichen. *Selbstdiagnose* und Einsatz der Map im Sinne einer eigenen Kontrolle der Wissenszusammenhänge können zudem eigenständigeres Lernen unterstützen. Ausführlichere Beschreibungen der Einsatzmöglichkeiten mit konkreten Beispielen finden sich unter 3. „Ergebnisse und Erfahrungen“.

2 Materialien

Jede Kernidee wird innerhalb des Projekts nach einem einheitlichen Schema beschrieben (siehe Abbildung 2). Die Kernideen sind den in den Curricula formulierten Basiskonzepten *Chemische Reaktion* (CR), *Struktur der Materie* (SdM) und *Energie* (E) eines Lernjahres zugeordnet und werden fortlaufend nummeriert (1). Sie werden durch eine aussagekräftige Beschreibung definiert (2). Erwartungen beschreiben, welche Erkenntnisse und Fähigkeiten die Schülerinnen und Schüler besitzen müssen, um die Kernidee im zu diesem Zeitpunkt erforderlichen Umfang verstanden zu haben und anwenden zu können (3). Zugleich wird bei den Grenzen aber auch angegeben, welche fachlichen Aspekte im Zusammenhang mit dieser Kernidee noch nicht bekannt sein müssen (4). Für diese Einschränkung kann es verschiedene Gründe geben, z. B. dass diese Aspekte Teil einer späteren Kernidee sind, oder ihre Behandlung in der Sekundarstufe I generell nicht sinnvoll erscheint. Überlegungen zu bekannten fehlerhaften Schülervorstellungen beschließen die Ausführungen zu den Kernideen (5). Sie geben Hinweise auf mögliche Lernschwierigkeiten und sollten folglich

¹ www.sinus.nrw.de.

einen Einfluss auf die Gestaltung des Unterrichts haben, können aber auch zur Konstruktion von Diagnoseaufgaben verwendet werden.

Basiskonzept: Struktur der Materie	Lernjahr II	(1)
Idee 4		(2)
Die Verteilung der Elektronen in der Atomhülle kann durch das Schalenmodell beschrieben werden.		
Erwartungen		(3)
Schülerinnen und Schüler wissen, dass nach dem Schalenmodell...		
<ul style="list-style-type: none"> • sich die Elektronen in der Atomhülle nur in bestimmten Bereichen bewegen. • Schalen gedachte Aufenthaltsbereiche für Elektronen sind. • Elektronen die Schalen nach bestimmten Prinzipien besetzen (innerste Schale max. 2 Elektronen, äußere Schale max. 8 Elektronen). • die Elektronen von innen nach außen aufgefüllt werden. • eine vollbesetzte Außenschale der Edelgaskonfiguration entspricht. 		
Grenzen		(4)
Schülerinnen und Schüler müssen – bezogen auf diese Kernidee – nicht wissen, ...		
<ul style="list-style-type: none"> • dass es die Besetzungsregel nach der Formel $2n^2$ gibt. • dass den Schalen entsprechende Energieniveaus zuzuordnen sind. • dass sich das Schalenmodell ausgehend von den Ionisierungsenergien herleiten lässt. • dass sich der Aufbau des PSE aus dem Schalenmodell ableiten lässt. • dass bestimmte Schalen auch mit mehr als 8 Elektronen besetzt werden können. 		
Gängige fehlerhafte Schülervorstellungen		(5)
<ul style="list-style-type: none"> • Schalen werden materiell (wie z. B. beim Zwiebelaufbauprinzip) verstanden. 		

Abbildung 2: Beschreibung einer Kernidee am Beispiel der Kernidee SdM-II.4

Der folgende Ausschnitt aus der Strukturierungs-Map (Abbildung 3) zeigt die Vernetzung einiger Kernideen aus dem Basiskonzept Struktur der Materie.

Ohne die Kenntnis der Kernidee SdM-II.4 „Die Verteilung der Elektronen in der Atomhülle kann durch das Schalenmodell beschrieben werden“ kann die Idee SdM-II.8 „Atome können unter Beteiligung von Außenelektronen Bindungen eingehen“ nicht verstanden werden. Hier liegt eine unmittelbare Abhängigkeit vor, die das Vorhandensein und die Einhaltung einer Reihenfolge der Lernschritte beschreibt. Der angenommene Zusammenhang wurde empirisch bestätigt (siehe 3.), was durch die Zuordnung des grünen Punkts verdeutlicht wird.

Dabei können auch Kernideen aus unterschiedlichen Basiskonzepten miteinander verbunden sein (siehe Abbildung 4).

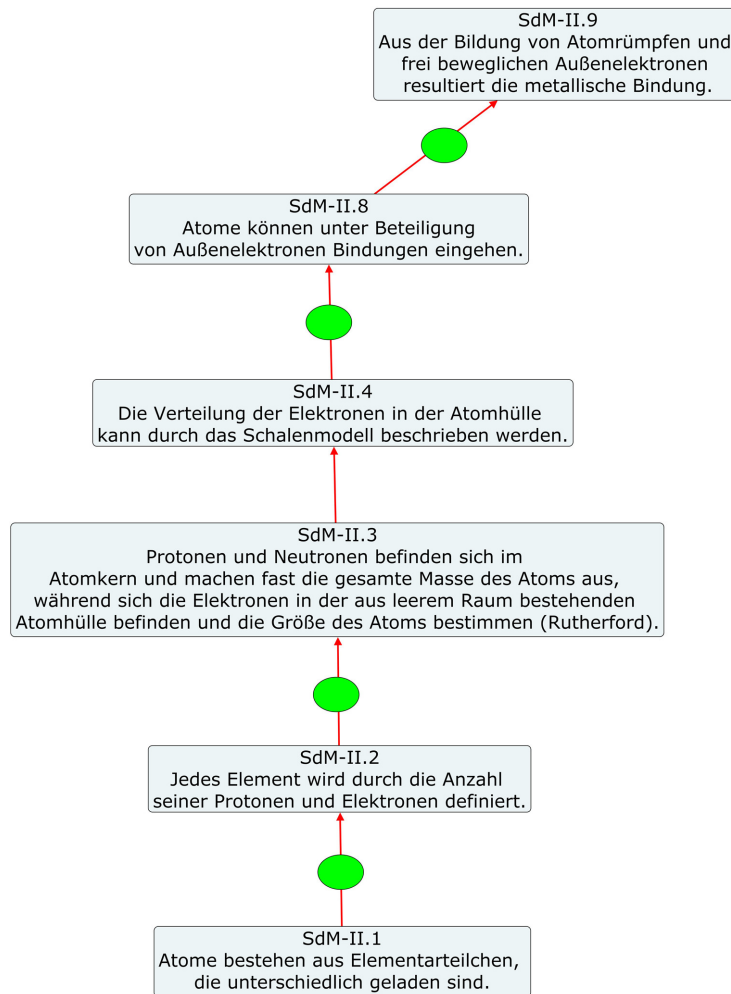


Abbildung 3: Ausschnitt aus der Strukturierungs-Map (Basiskonzept Struktur der Materie, Lernjahr II)

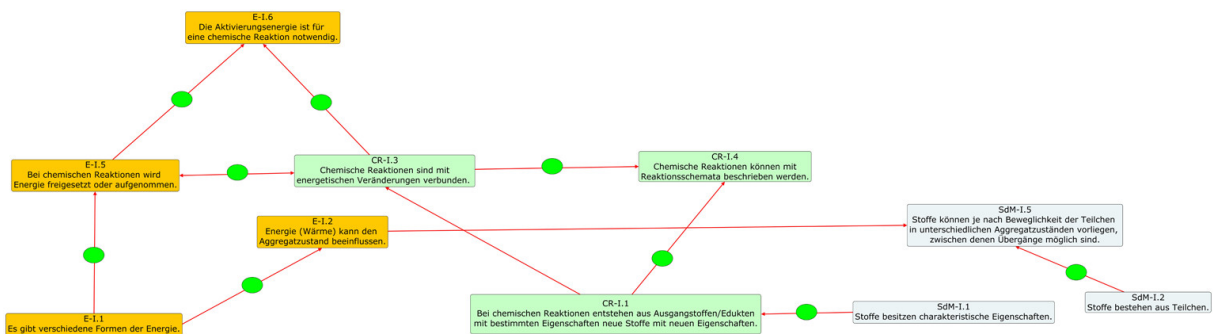


Abbildung 4: Vernetzung zwischen den Basiskonzepten

Digitale Version der Strukturierungs-Map

In Kooperation mit dem „Web-Team“ der QUA-LiS NRW wird eine digitale Version der Strukturierungs-Map erstellt, die die Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit erhöht. Die vielen dargestellten Zusammenhänge, besonders auch die Verbindungen zwischen den Basiskonzepten, sorgen in der zweidimensionalen Papierdarstellung für ein schwieriges Erkennen der Zusammenhänge. Mit der digitalen Map kann man einfacher arbeiten, da direkte Verknüpfungen angezeigt werden. So besteht die Möglichkeit, sich schrittweise durch die Strukturierungs-Map durchzuarbeiten, da bei einer Kernidee die di-

rekt damit verknüpften und alle nächstumliegenden Kernideen eingeblendet werden.

Außerdem besteht ein Zugriff von der Kernidee auf die zugehörige Beschreibung der Kernidee und die entsprechenden Diagnoseaufgaben, damit ein Arbeiten mit dem gesamten Material erleichtert wird.

Diagnoseaufgaben

Für eine sinnvolle Diagnose der Schülerfähigkeiten wird mehr als eine Aufgabe pro Kernidee benötigt. Auf der einen Seite kann man sagen, dass möglichst viele Aufgaben wünschenswert wären, um alle Erwartungen ggf. auch mehrfach abbilden zu können; auf der anderen Seite kann den Schülerinnen und Schülern eine Bearbeitung von Tests mit extrem vielen Aufgaben nicht zugemutet werden, sodass für dieses Projekt fünf Aufgaben je Kernidee entwickelt wurden. Diese Vorgehensweise bildet einen guten Kompromiss zwischen inhaltlicher Breite (Validität) und statistischer Sicherheit sowie akzeptabler Testzeit. Um den Einfluss des Aufgabenformats (Walpuski & Ropohl, 2011) auf die Schwierigkeit der Aufgabe bzw. die Leistung der Lerner zu minimieren, wurden alle Aufgaben als Multiple-Choice-Single-Select-Aufgaben gestaltet. Dabei wurde gezielt darauf geachtet, nur mit der Kernidee verbundene Erwartungen abzufragen. Neben kontextfreien (siehe Abbildung 5) gibt es auch kontextualisierte Aufgaben (siehe Abbildung 6).

SdM II Idee 4: Die Verteilung der Elektronen in der Atomhülle kann durch das Schalenmodell beschrieben werden.

Erwartung: Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass ...

- Elektronen die Schalen nach bestimmten Prinzipien besetzen (innerste Schale max. 2 Elektronen, äußere Schale max. 8 Elektronen).

Diagnoseaufgabe:

Ein Natrium-Atom besitzt 11 Elektronen. Wie verteilen sich die Elektronen auf die Schalen?

	1. Schale	2. Schale	3. Schale
<input type="checkbox"/>	8	3	0
<input type="checkbox"/>	2	8	1
<input type="checkbox"/>	2	9	0
<input type="checkbox"/>	8	2	1

Abbildung 5: Kontextfreie Diagnoseaufgabe

E I Idee 2: Energie (Wärme) kann den Aggregatzustand beeinflussen.

Erwartung: Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass ...

- durch Zufuhr oder Abgabe von Energie sich der Aggregatzustand eines Stoffes verändern kann.

Diagnoseaufgabe:

Du willst Speiseeis selber herstellen. Der Großteil deiner Zutaten ist flüssig, nämlich Milch und Schlagsahne. Wenn du die Mischung für längere Zeit ins Eisfach stellst, erhältst du festes Eis. Was passiert im Eisfach?

- Die Milch und Sahneteilchen bewegen sich schneller und werden dadurch fest.
- Der Mischung wird Energie entzogen, dadurch wird sie fest.
- Der Mischung wird Energie zugeführt, dadurch wird sie fest.
- Sahne reagiert mit Milch und wird dadurch fest.

Abbildung 6: Kontextualisierte Diagnoseaufgabe

3 Ergebnisse und Erfahrungen

Ergebnisse der Testungen

Evaluation der Gültigkeit der formulierten Abhängigkeiten

Als Grundlage für die Überprüfung der fachlichen Abhängigkeiten dienten die in der Map angeordneten 57 Kernideen für die ersten beiden Lernjahre. Die Kernideen wurden analog zum AAAS-Projekt (AAAS, 2007) in einer *Strand Map* innerhalb eines Basiskonzepts und zwischen den Basiskonzepten so miteinander vernetzt, dass in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge hypothetische Lernwege erkennbar werden. Um diese hypothetischen Abhängigkeiten zu prüfen, wurden Diagnoseaufgaben entwickelt, in einer Pilotstudie in Bezug auf ihre Testgüte überprüft und in der Hauptstudie in einem Multi-Matrix-Design zu zwei Messzeitpunkten eingesetzt.

Für die Datenanalyse standen Testdaten von Schülerinnen und Schülern von 7 Schulen zur Verfügung. Diese wurden in einem Abstand von ca. 6 Monaten zweimal getestet. Zum ersten Messzeitpunkt haben 1.234 Schülerinnen und Schüler teilgenommen, zum zweiten Messzeitpunkt 1.137 Schülerinnen und Schüler. In einem ersten Schritt wurde die psychometrische Qualität der Testaufgaben mittels IRT-Analysen geprüft. Hier zeigt sich, dass die Testaufgaben als reliabel angenommen werden können und zur Ermittlung der Kompetenzen der Lernenden geeignet sind (Celik & Walpuski, 2018).

Da es kein einheitliches Verfahren gibt, um die hypothetischen Abhängigkeiten zwischen Kernideen zu überprüfen, wurde in einem ersten Schritt der McNemar-Test zur Untersuchung einzelner Abhängigkeiten eingesetzt. Dieser gibt an, ob das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler für einen bestimmten Zeitpunkt dem angenommenen Muster entspricht. Hier liegt die Annahme zugrunde, dass eine Kernidee, die von einer vorangegangenen Kernidee abhängig ist, nur dann beherrscht werden kann, wenn die vorangegangene Kernidee ebenfalls beherrscht wird. In der Verteilung sollten also kaum Schülerinnen und Schüler vorhanden sein, die die Aufgaben zur höheren Kernidee lösen können, die zur niedrigeren aber nicht. Da die Schülerinnen und Schüler fünf Diagnoseaufgaben zu einer Kernidee bearbeitet haben, ist festzulegen, ab wann eine Kernidee als „beherrscht“ angesehen werden kann. Auf Basis statistischer Signifikanz müssten mindestens vier Antworten korrekt sein, um zufällige Ergebnisse auszuschließen. Diese Abhängigkeiten sind in der Map mit einem grünen Symbol gekennzeichnet. Insgesamt konnten 60 Abhängigkeiten nachgewiesen werden.

Evaluation eines Lernerfolgs durch den Einsatz der Strukturierungs-Map

Um zu prüfen, ob ein an der Map orientierter Unterricht erfolgreich ist, wurde diese in einem Zeitraum von einem Schuljahr in Interventionsklassen eingesetzt (siehe auch „Erfahrungen im Unterricht“). Die Leistung dieser Klassen im Fachwissenstest wurde mit der Leistung von Parallelklassen an denselben Schulen verglichen. Außerdem wurden die Schülerinnen und Schüler befragt, ob sie den Unterricht als strukturiert im Hinblick auf fachliche Konzepte wahrnehmen. Dazu wurde ein standardisierter Fragebogen mit 9 Items eingesetzt (siehe Abbildung 7). Es ist kritisch anzumerken, dass im Rahmen des Projekts keine weiteren Kontrollvariablen erhoben werden konnten und die Ergebnisse daher mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind. Außerdem ließen sich aus organisatorischen Gründen nur recht kleine Stichproben realisieren.

Bitte kreuze an, in welchem Umfang die untenstehenden Aussagen auf deinen Chemieunterricht im **letzten Schuljahr** zutreffen.

	trifft völlig zu	trifft weit- gehend zu	trifft teil- weise zu	trifft kaum zu	trifft nicht zu
Der Chemieunterricht besteht aus vielen Einzelfakten, die für mich keinen erkennbaren Zusammenhang haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Chemieunterricht hat eine logische Struktur. Dinge, die ich am Anfang lerne, benötige ich später noch.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn wir im Chemieunterricht neue Dinge lernen, verdeutlicht mein Lehrer/meine Lehrerin, wie diese mit vorherigen Inhalten zusammenhängen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es gibt wichtige Ideen/Erklärungen, die im Chemieunterricht bei verschiedenen Themen immer wieder auftauchen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe im Chemieunterricht oft das Gefühl, dass ich die Zusammenhänge und Erklärungen <u>nicht</u> verstehe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chemieunterricht besteht aus vielen kleinen und abgeschlossenen Themen, die kaum etwas miteinander zu tun haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Chemieunterricht habe ich einen guten Überblick darüber, was wir bereits Wichtiges gelernt haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß, was man unter <i>Basiskonzepten</i> versteht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mein Lehrer/meine Lehrerin nutzt <i>Basiskonzepte</i> , um die Unterrichtsinhalte einzuordnen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 7: Selbsteinschätzungsbogen für Schülerinnen und Schüler

Für den Leistungstest im ersten Lernjahr liegen Daten von 61 Schülerinnen und Schülern in der Kontrollgruppe und von 76 Schülerinnen und Schülern in der Interventionsgruppe vor. Für das zweite Lernjahr konnten die Daten von 50 Schülerinnen und Schülern in der Kontrollgruppe und von 56 Schülerinnen und Schülern in der Interventionsgruppe analysiert werden. Daten zur Unterrichtswahrnehmung liegen von insgesamt 72 Schülerinnen und Schülern vor; aufgrund der kleinen Stichprobe wurden für die Analyse beide Lernjahre zusammengefasst.

Während sich die Leistungen im ersten Lernjahr noch nicht voneinander unterschieden (siehe Abbildung 8), lässt sich im zweiten Lernjahr ein Unterschied zugunsten der Interventionsgruppe erkennen. Dieser ist aufgrund der relativ kleinen Stichprobe zwar nicht signifikant ($p=.158$), lässt aber vermuten, dass der Unterricht mit der Map den Lernerfolg erhöht (siehe Abbildung 9). Insgesamt sind die Leistungen in der Interventionsgruppe homogener als in der Kontrollgruppe.

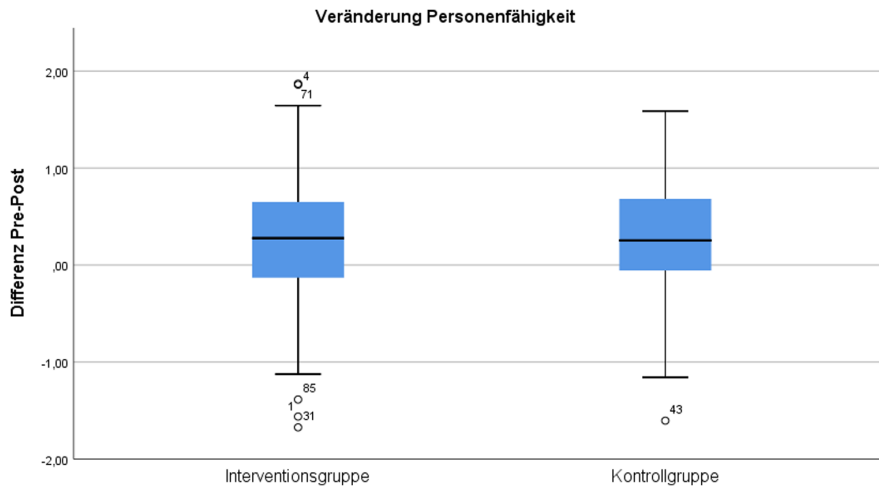


Abbildung 8: Vergleich Fachwissen 1. Lernjahr (Box-Plot-Darstellung)

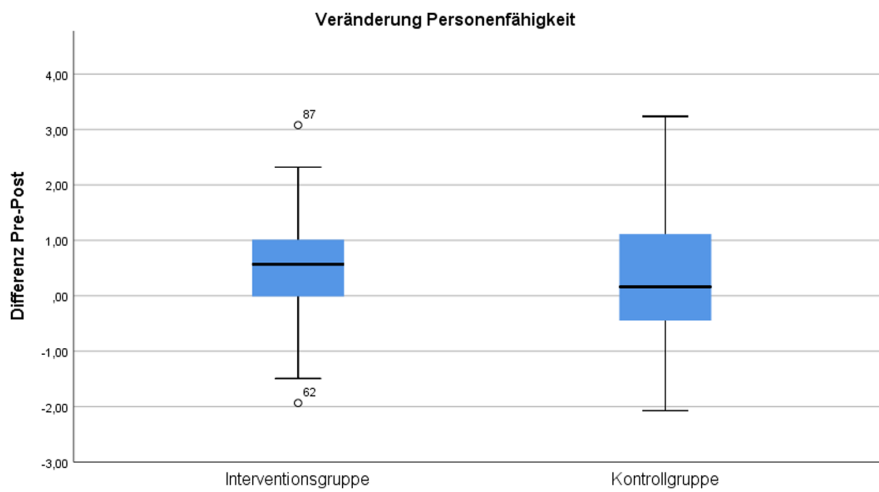


Abbildung 9: Vergleich Fachwissen 2. Lernjahr (Box-Plot-Darstellung)

Bezogen auf die Wahrnehmung der fachlichen Strukturen im Unterricht lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen zugunsten der Interventionsgruppe beobachten (siehe Abbildung 10), dieser ist statistisch auch signifikant ($p < .05$).

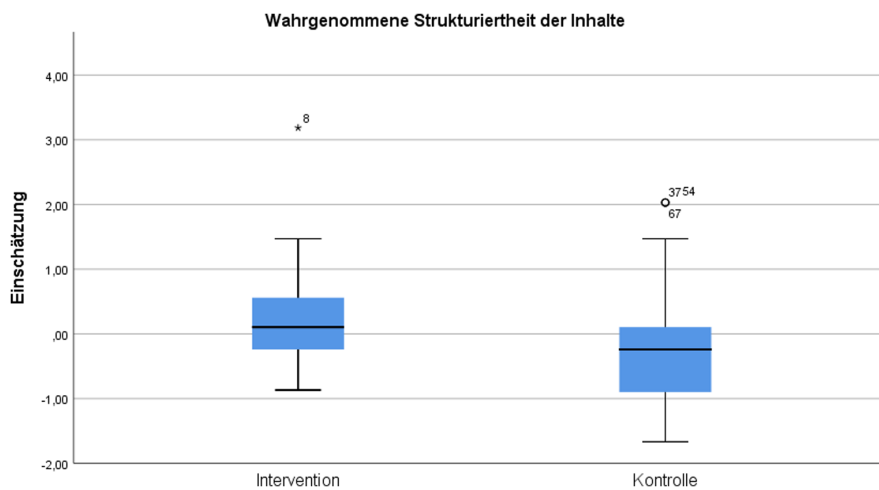


Abbildung 10: Wahrgenommene Strukturiertheit der Inhalte (Box-Plot-Darstellung)

Trotz methodischer Einschränkungen aufgrund der relativ kleinen Stichprobe und der begrenzten Kontrollmöglichkeiten lassen sich aus der Evaluation des Projekts positive Schlüsse ableiten. In beiden Jahrgangsstufen ist der Unterricht mit der Map in Bezug auf den Wissenserwerb dem konventionellen Unterricht nicht unterlegen. Im zweiten Lernjahr, in dem vernetztes Wissen zunehmend bedeutsamer wird, lässt sich ein Vorteil für die Interventionsgruppe erkennen. In Bezug auf die Wahrnehmung sind die Ergebnisse sogar noch eindeutiger. Hier lässt sich ein statistisch signifikanter Vorteil der Interventionsgruppe feststellen.

Erfahrungen zum Einsatz der Strukturierungs-Map

Im Laufe des Projekts wurden für die Strukturierungs-Map verschiedene Einsatzmöglichkeiten im Unterricht entwickelt.

Tabelle 1: Einsatzmöglichkeiten der Strukturierungs-Map im Unterricht

Einsatzmöglichkeit	Beschreibung/Beispiele
1. Einsatz zum Wiederholen, Üben und Festigen der Fachinhalte (Kernideen)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung einer Kernidee-Formulierung, die zum vorangegangenen Unterricht gehört, daraufhin eigenständige Entwicklung der dazugehörigen Erwartungen als Mind-Map durch die Schülerinnen und Schüler • Reflexion des Lernertrags hinsichtlich einer bestimmten Kernidee, z. B. durch Vorgabe von drei Begrifflichkeiten zu dieser Kernidee zwecks Triadenbildung (siehe Abbildung 11) • ...
2. Einsatz zur Strukturierung der Fachinhalte einer Unterrichtseinheit (Verdeutlichung von Zusammenhängen)	<ul style="list-style-type: none"> • Sortieren mehrerer Kernideen am Ende einer Unterrichtseinheit bspw. als „Puzzle“ oder Fließdiagramm, um eine logische Reihenfolge festzulegen, Abhängigkeiten zu veranschaulichen und ggf. Abgleich der erarbeiteten Anordnung mit der Strukturierungs-Map • Präsentation eines Ausschnitts der Strukturierungs-Map (z. B. für ein Lernjahr oder Halbjahr) als Überblick mit einer Liste der Erwartungen und Fehlvorstellungen zum Abhaken für die Schülerinnen und Schüler (z. B. durch das Hineinschreiben des Datums) im Sinne eines Advance Organizers • Auflistung und Ordnung aller Fachinhalte, die einer bestimmten Kernidee vorgeschaltet sein müssen (ggf. Arbeit mit einem „Begriffspool“, evtl. auch inklusive falscher Begrifflichkeiten, siehe Abbildung 11) • ...
3. Einsatz zur Diagnose	<ul style="list-style-type: none"> • Die zur Strukturierungs-Map gehörenden Diagnoseaufgaben in Form von Multiple-Choice-Aufgaben können mit wenig Zeitaufwand regelmäßig eingesetzt werden, um den Schülerinnen und Schülern Rückmeldung über ihr Verständnis der Kernideen und ihren Lernfortschritt zu geben. • Vorgabe einer lückenhaften Strukturierungs-Map zwecks Vervollständigung der Kernideen • Erwartungen von Kernideen in offenen Aufgabenformaten abfragen • Zuordnung konkreter Kompetenzen aus dem KLP zu bestimmten Kernideen der Strukturierungs-Map durch die Schülerinnen und Schüler vornehmen lassen • ...
4. Einsatz zum Erschließen neuer Fachinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Antizipation möglicher Erwartungen einer direkt folgenden Kernidee auf der Basis des vorhandenen Vorwissens von den Schülerinnen und Schülern, um die Verknüpfung und die Abhängigkeit von Fachinhalten bewusst zu machen (in Anlehnung an die Methode des reziproken Lesens) • Planung von Experimenten durch die Schülerinnen und Schüler ausgehend von vorgelegten Kernideen • ...

Beispiel 1 zum Einsatz der Map

Zum Üben und Festigen der Kernideen Struktur der Materie, Lernjahr II, Idee 11 und 14: „Aus der Bildung der Ionen resultiert die Ionenbindung“ und „Salze sind aus Ionen aufgebaut“ wurde den Schülerinnen und Schülern der Auftrag gegeben, aus den vorgegebenen drei Begriffen jeweils einen Satz zu bilden. Es handelt sich hierbei um eine Triaden-Bildung. Der Triaden-Test erfragt Zusammenhangswissen, indem zwei Begriffe im Kontext eines dritten Begriffs in Beziehung gesetzt werden müssen. Er dient im Wesentlichen der Erfassung von Zusammenhangswissen und wurde von Sumfleth (1987) entwickelt.

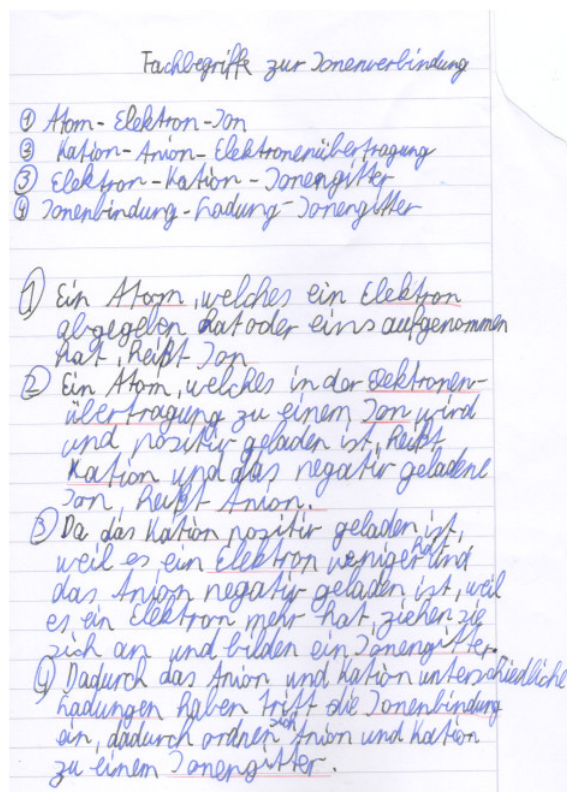


Abbildung 11: Beispiel eines Schüler-Ergebnisses zum Einsatz der Map als Übung und Festigung

Beispiel 2 zum Einsatz der Map

An einer Gesamtschule wurde die Strukturierungs-Map im zweiten Lernjahr in einem Chemie-E-Kurs eingesetzt. Hierbei wurden die Strukturierungs-Map und die Kernideen zum Wiederholen, Üben und Festigen der Inhalte des ersten Lernjahres eingesetzt. Die Absicht bestand darin, den Schülerinnen und Schülern die Map als Unterrichtsinstrument vertraut zu machen. Als Erstes wurde die Map im Übersichtsformat vorgestellt. Jede Schülerin und jeder Schüler erhielt ein persönliches Exemplar. Die zu den Kernideen gehörenden Schülererwartungen und -vorstellungen wurden erläutert. Den Schülerinnen und Schülern wurde jeweils eine Zusammenstellung der Kernideen mit Erwartungen und Vorstellungen gruppiert nach den Basiskonzepten des ersten und zweiten Lernjahres an die Hand gegeben. Bei der Wiederholung wurden zuerst die Kernideen der Basiskonzepte *Struktur der Materie*, danach die der *Chemischen Reaktion* und zum Schluss die Kernideen des Basiskonzepts *Energie* besprochen. Die Schülerinnen und Schüler kennzeichneten selbstständig in ihrer eigenen Map die bereits erarbeiteten Kernideen mit Datum der Fertigstellung.

Den Kernideen wurden die im ersten Lernjahr durchgeführten Versuche zugeordnet.

Motivierend für die Schülerinnen und Schüler war die Vielzahl der gekennzeichneten Kernideen in der Map. Diese vermittelten ihnen eine positive Rückmeldung über ihren Wissenszuwachs im Verlauf des ersten Lernjahres.

Bei den neuen Themen des zweiten Lernjahres wurden die Map und die Kernideen mit ihren Erwartungen und Fehlvorstellungen wiederum zur Reflexion des Gelernten eingesetzt und der Wissensstand der Schülerinnen und Schüler in der Map mit Datum der Fertigstellung der erarbeiteten neuen Kernideen eingetragen. Bei der Erarbeitung der neuen Unterrichtsinhalte diente die Map nicht nur als roter Faden durch den Unterricht, sondern vielmehr als vernetztes Leitgerüst. Hierbei ließ sich beobachten, dass die Schülerinnen und Schüler sehr schnell miteinander ins Gespräch kamen und rege Fachdiskussionen führten, wobei sie sich sicher in den Inhalten der Chemie bewegten. Sie nahmen die Sachverhalte schneller auf und erkannten die chemischen Zusammenhänge besser als im Unterricht ohne Einbinden der Map.

Beispiel 3 zum Einsatz der Map

Zur Strukturierung der Fachinhalte einer Unterrichtseinheit bekamen die Schülerinnen und Schüler den Auftrag, aufzuschreiben und zu sortieren, welche Inhalte für das Verständnis eines Ionengitters notwendige Voraussetzungen sind: „Was muss vorher im Chemieunterricht behandelt worden sein, damit man das Ionengitter verstehen kann? Sortiert diese Inhalte in einer Reihenfolge“ (siehe Abbildung 12).

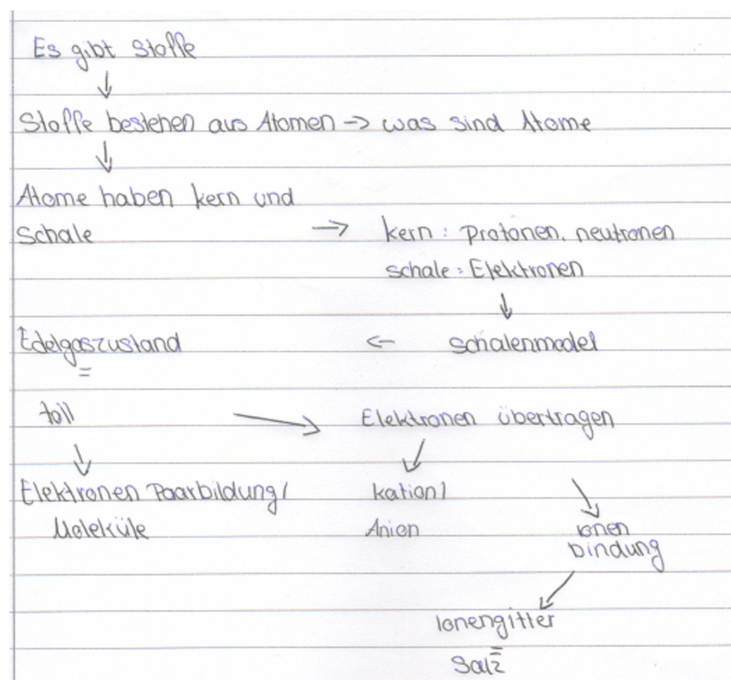


Abbildung 12: Beispiel eines Schülerinnen-Ergebnisses zum Einsatz der Map als Strukturierung

Für die Strukturierungs-Map und das Begleitmaterial können vermutlich noch weitere Einsatzmöglichkeiten gefunden werden. So könnten die Lernenden mit der Map mittels Selbstreflexion ihren Lernzuwachs mithilfe eines Ampelsystems überprüfen (grün: alles verstanden, gelb: kleinere Schwierigkeiten, rot: größere Schwierigkeiten). Ebenso ist es auch möglich, nicht mittels eines Am-

pelsystems, sondern anhand von ausgewählten Diagnoseaufgaben Fachinhalte zu überprüfen.

4 Fazit

Die empirischen Untersuchungen der Fachdidaktik Universität Duisburg-Essen haben viele der von der Arbeitsgruppe postulierten Abhängigkeiten in der Strukturierungs-Map bestätigen können. Die Untersuchung dieser Abhängigkeiten lag im Fokus der wissenschaftlichen Begleitung. Ausgehend von den hier erzielten Ergebnissen lässt sich sagen, dass diese Map eine gesicherte Arbeitsgrundlage zum Einsatz im Unterricht und zur Planung von Unterricht darstellt.

Die Auswertung des Selbsteinschätzungsbogens zum Chemieunterricht (siehe Abbildung 7) ergab statistisch signifikant, dass die Schülerinnen und Schüler den Chemieunterricht mit dem Einsatz der Map strukturierter erfahren und sich einen guten Überblick und ein besseres Verständnis zusprechen. Der häufig von Lernenden geäußerte subjektive Eindruck „Zusammenhänge und Erklärungen würden nicht verstanden“ oder die Einschätzung, „Chemieunterricht bestehe aus vielen Einzelfakten, die keinen erkennbaren Zusammenhang aufweisen“, haben sich nach dem Einsatz der Strukturierungs-Map deutlich hin zu Aussagen, „der Chemieunterricht habe eine logische Struktur und Sachverhalte, die sie am Anfang gelernt haben, benötigten sie später noch“ oder „sie hätten einen guten Überblick darüber, was sie bereits Wichtiges gelernt hätten“ sowie „es gäbe wichtige Erklärungen, die im Chemieunterricht bei verschiedenen Themen immer wieder auftauchen“ entwickelt. Dies zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler eine veränderte Wahrnehmung für die Struktur des Faches Chemie gegenüber ihren Lernerfahrungen vor dem Einsatz der Strukturierungs-Map entwickelt haben.

Wenngleich aufgrund der kleinen Stichprobe eingebundener Lerngruppen ein signifikanter Nachweis einer offensichtlichen Erhöhung des Lernertrags knapp verfehlt wurde, ist auf der Grundlage des erzielten Ergebnisses dennoch eine klare Tendenz hinsichtlich einer Verbesserung des Fachwissens zu verzeichnen.

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten der Strukturierungs-Map für den Unterricht wurden in diesem Artikel vorgestellt und die von der Arbeitsgruppe praktisch ausprobierten Unterrichtsanswendungen dokumentiert. Aufgrund der aufgezeigten Verknüpfungsmöglichkeiten der Strukturierungs-Map mit Kompetenzen auch aus allen anderen Kompetenzbereichen lässt sie sich für die konkrete Unterrichtsplanung und -durchführung sinnvoll nutzen.

In der Unterrichtsvorbereitung kann die Strukturierungs-Map zukünftig nicht nur Referendarinnen und Referendaren, Berufseinsteigenden und Seiteneinsteigenden ein unterstützendes Instrument sein. Auch erfahrene Fachkolleginnen und -kollegen können davon profitieren, indem sie die Strukturierungs-Map und das zugehörige Material in den Bereichen Diagnose, Wiederholung und Übung einsetzen.

Literatur

- Abbott, S. (2014). *The Glossary of Education Reform. Learning Progression*. Verfügbar unter <https://www.edglossary.org/learning-progression/> [27.09.2016].
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2007). *Atlas of Science Literacy*. Volume 2. Washington, DC: AAAS.
- Bernholt, S., Höft, L. & Parchmann, I. (2020). Die Entwicklung fachlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht – Findet ein kumulativer Aufbau im Kompetenzbereich Fachwissen statt? *Unterrichtswissenschaft* 48 (1), 35–59.
- Celik, K. & Walpuski, M. (2018). Learning Progression – Erwerb von fachlichen Kompetenzen in Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017 (S. 142). Regensburg: Universität Regensburg.
- Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A. & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen – kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler. *Physikdidaktik* (S. 657–678). Berlin/Heidelberg/New York: Springer.
- Fortus, D., Sutherland Adams, L. M., Krajcik, J. S. & Reiser, B. J. (2015). Assessing the role of curriculum coherence in student learning about energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 52 (10), 1408–1425.
- Holländer, M. & Melle, I. (2012). Die Effektivität des Advance Organizers im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65 (1), 44–52.
- Hostenbach, J. & Walpuski, M. (2013). Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Bewertungskompetenz im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 19, 129–157.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7 (2), 75–83.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2011). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I. Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik*. Düsseldorf. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/130/KLP_GE_NW.pdf [22.07.2020].
- Niedderer, H. (1974). *Grundbegriffe, Funktionen und Abgrenzung der Sachstrukturanalyse im Curriculumprozess*. IPN-Materialien. Kiel: IPN.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T. & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). *IQB-Ländervergleich 2012: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster: Waxmann.
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2018). *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten. Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken* (Beiträge zur Schulentwicklung Praxis). Münster: Waxmann.
- Seel, N. M. (2000). *Psychologie des Lernens*. Stuttgart: UTB.
- Shin, N., Choi, S.-Y., Stevens, S. Y. & Krajcik, J. S. (2019). The impact of using coherent curriculum on students' understanding of core ideas in chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17 (2), 295–315.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Sumfleth, E. (1987). Über den Zusammenhang zwischen Schulleistung und Gedächtnisstruktur. Eine Untersuchung zu Säure-Base-Theorien. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* 21, 29–35.
- Walpuski, M. & Ropohl, M. (2011). Einfluss des Testaufgabendesigns auf Schülerleistungen in Kompetenztests. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 124/125 (22), 82–86.

Projektgruppe

Prof. Dr. Maik Walpuski, Fachdidaktik Chemie der Universität Duisburg-Essen

Kübra Celik, Fachdidaktik Chemie der Universität Duisburg-Essen

Ines Op de Hipt, Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW

Jens Austermann, QUA-LiS NRW

Christin Theyßen, ZfsL Duisburg

Veronika Wolters, Gesamtschule Nettetal

Marc Lomberg, Franz-Haniel-Gymnasium Duisburg

Alexander Rother, Robert-Schuman-Europaschule Willich

Angelika Schwarz, Anne-Frank-Gesamtschule Rheinkamp / Moers

Michael Schön, Anne-Frank-Gesamtschule Rheinkamp / Moers

Sarah Schiemenz, Gesamtschule Duisburg Meiderich

Christoph Mentrup, Gesamtschule Duisburg Meiderich

Ein besonderer Dank gilt Hartmut Melzer, der das Projekt initiiert hat.

Einführung in das Ionenkonzept mit der Lernleiter

Ein Unterrichtsansatz für den strukturierten und binnendifferenzierten Chemieunterricht der Sekundarstufe I

HELENA VAN VORST, ELKE WOLF

Salze spielen in unserem täglichen Leben eine wichtige Rolle. Sie übernehmen nicht nur viele lebenswichtige Funktionen im menschlichen Körper, sondern finden darüber hinaus auch vielseitige Verwendung, beispielsweise in der Landwirtschaft und in der Industrie. Um die besonderen Eigenschaften und Funktionen von Salzen in den unterschiedlichen Lebensbereichen verstehen zu können, müssen Schülerinnen und Schüler ihren strukturellen Aufbau auf submikroskopischer Ebene durchdringen und auf makroskopische Phänomene ihrer Lebenswelt anwenden können. Hierbei haben Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe I jedoch vielfache Schwierigkeiten.

Aus diesem Grund war es das zentrale Ziel der SINUS-Projektgruppe, ein Konzept zur systematischen Einführung in das Thema *Ionen und Salze* für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I zu entwickeln, das einen strukturierten und kumulativen Wissensaufbau ermöglicht und die individuellen Voraussetzungen und Bedarfe der Lernenden durch ein binnendifferenziertes Materialangebot berücksichtigt. Als Grundlage für die Arbeit in der Projektgruppe wurde das sogenannte *Lernleiter-Konzept* genutzt, das ein Rahmenkonzept zur Strukturierung von Lehr- und Lernprozessen darstellt. Neben einer angemessenen Förderung der Kompetenzentwicklung im Bereich Fachwissen lag bei der Entwicklung der Lehr-Lernmaterialien für die Ionen-Lernleiter ein besonderes Augenmerk auf der systematischen und differenzierten Unterstützung der Schülerinnen und Schüler im Verständnis von und im Umgang mit Modellen im Chemieunterricht. So konnte eine strukturierte Unterrichtseinheit zur Einführung des Ionenkonzepts für die Sekundarstufe I entwickelt werden.

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Ionen und Salze im Chemieunterricht der Sekundarstufe I

Ein wesentliches Ziel des Chemieunterrichts deutschlandweit ist es, ein Verständnis für den Aufbau und die Struktur der Materie bei den Schülerinnen und Schülern zu entwickeln. Diese Zielsetzung wurde u. a. bei der Formulierung der Basiskonzepte in den nationalen Bildungsstandards und den landesweiten Kernlehrplänen verankert. Im Kernlehrplan der Sekundarstufe I am Gymnasium des Landes Nordrhein-Westfalen wird innerhalb des Basiskonzepts *Struktur der Materie* der Grundstein für das Verständnis der Lernenden zum submikroskopischen Aufbau der makroskopisch wahrnehmbaren Welt zunächst anhand einer einfachen Teilchenvorstellung im Chemieanfangsunterricht gelegt. Im weiteren Verlauf der Sekundarstufe I wird dieses Verständnis durch zunehmend komplexere Atommodelle, wie das Kern-Hülle-Modell und das Schalenmodell, ausdifferenziert (MSB, 2019). Gleichzeitig wird auch der

Teilchenbegriff durch die Unterscheidung in Atome, Moleküle und Ionen ausgearbeitet. Die Einführung der Ionen ist dabei im Inhaltsfeld 6 unmittelbar nach der Erarbeitung eines differenzierten Atombegriffs und der Struktur des Periodensystems der Elemente vorgesehen. Hierbei legt der Kernlehrplan zwei wesentliche inhaltliche Schwerpunkte: Zum einen sollen durch die Einführung der *Ionenbindung* charakteristische Eigenschaften der Salze erklärt werden, zum anderen wird anhand der *Ionenbildung* die Reaktion zwischen Metallen und Nichtmetallen als neuer Reaktionstyp eingeführt.

Folgt man dem weiteren Verlauf der Inhaltsfelder des Kernlehrplans für die Sekundarstufe I sowie des Kernlehrplans für die Sekundarstufe II, zeigt sich die Anwendung des Ionenkonzepts an zahlreichen weiteren Stellen, wie z. B. im Bereich der Elektrochemie oder der Säuren und Basen. Das Verständnis sowohl der Ionenbindung als auch der Ionenbildung stellt somit eine wichtige Grundlage für den weiteren kumulativen Wissensaufbau im Chemieunterricht über die gesamte Schulzeit dar.

Nicht zuletzt aufgrund dieser Relevanz des Themas *Ionen und Salze* ist dieses im SI-Unterricht aller Bundesländer verpflichtend. Gleichzeitig ist es für die Schülerinnen und Schüler kein einfaches Thema und birgt einige Stolperfallen (Nickel, 2015). Untersuchungen zeigen, dass Schülerinnen und Schüler kaum Vorwissen über Ionen haben und entsprechende Begriffe, Konzepte und Modelle somit erst im Unterricht entwickeln (Hilbing & Barke, 2004). Man könnte vermuten, dass diese Ausgangslage besonders günstig für den Erwerb eines fachlich korrekten Konzeptverständnisses sei, da keine alternativen und möglicherweise fachlich falschen Vorstellungen der Lernenden korrigiert werden müssen. Doch das Gegenteil ist der Fall: Im Verlauf des regulären Unterrichts zum Thema *Ionen und Salze* entwickeln viele Lernende fehlerhafte Vorstellungen zum Ionenbegriff. Typische alternative Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Ionenkonzept fasst Strehle (2007) zusammen:

- Ionenpaare bestehen aus Salzmolekülen: Einige Lernende nehmen an, dass eine Molekülpaarbindung zwischen dem positiv und dem negativ geladenen Ion entsteht. Ein Salzkristall besteht dann aus Verbänden solcher Salzmoleküle.
- Ionenbindungen entstehen durch einen Elektronentransfer: Hierbei wird das Konzept der Ionenbildung mit dem Konzept der Ionenbindung vermischt und die Entstehung eines Salzkristalls durch einen Elektronenübergang erklärt.
- Die Anzahl der Bindungspartner eines Ions in einem Salzkristall wird durch die Oktett-Regel oder die Anzahl der Ladungen eines Ions bestimmt: Im Rahmen dieser Vorstellung zeigen einige Lernende kein hinreichendes Verständnis der räumlichen Struktur innerhalb eines Salzkristalls einerseits sowie der elektrostatischen Anziehungskräfte andererseits, die eine Ionenbindung eigentlich ausmachen.

Insgesamt zeigt die Forschung zu Schülervorstellungen zum Ionenkonzept, dass Lernende gerade auf der Modellebene Schwierigkeiten haben, Ionen richtig darzustellen, sie von Molekülen zu unterscheiden und den Prozess der Ionenbildung von den Eigenschaften der Ionenbindung abzugrenzen (Barke, 2006). Aus Zeitgründen oder einem persönlichen fachlichen Selbstverständnis heraus versäumen es viele Lehrkräfte, ein reflektiertes Modellverständnis der unterschiedlichen Ionendarstellungen zu erarbeiten und damit zu einem anschlussfähigen Aufbau von Modellkompetenz im Bereich der Ionenbindung und

Ionenbildung beizutragen. Das im Rahmen der SINUS-Gruppe entwickelte Unterrichtskonzept greift diese Problemlage auf und bietet ein systematisches Vorgehen zur Erarbeitung des Ionenkonzepts unter Berücksichtigung typischer Schülervorstellungen und der reflektierten Nutzung unterschiedlicher Modelle zur Verdeutlichung der submikroskopischen Zusammenhänge.

Zielsetzung der SINUS-Gruppe

Die beschriebene Ausgangslage verdeutlicht die Notwendigkeit, den Aufbau eines anschlussfähigen Ionenverständnisses im Chemieunterricht systematisch zu fördern. Ziel der Projektgruppe war es deshalb, ein umfassendes Unterrichtskonzept für eine strukturierte Erarbeitung der Ionen und Salze zu entwickeln und zu erproben. Einen besonderen Fokus stellt die Anknüpfungsfähigkeit an das vorab erworbene Wissen zum Kern-Hülle-Modell dar, sodass ein kumulativer Wissensaufbau im Fach angestrebt wird. Um möglichst alle Lernenden im Rahmen ihrer Eingangsvoraussetzungen optimal zu fördern, sollte das entwickelte Konzept den folgenden Kriterien genügen:

- Berücksichtigung individueller Voraussetzungen der Lernenden durch integrierte Binnendifferenzierung,
- ausreichende Gelegenheiten zum Üben und Vertiefen der erworbenen Kenntnisse,
- eine für Schülerinnen und Schüler transparente Strukturierung des Unterrichtsinhalts und des Lernprozesses,
- systematische Förderung der Modellkompetenz der Lernenden durch explizite Reflexion der genutzten Modelle zur Darstellung und Erarbeitung des Themas,
- Förderung der Eigenständigkeit und des selbstregulierten Lernens der Schülerinnen und Schüler.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurde das Lernleiter-Konzept als Rahmenkonzeption für die Entwicklung der Unterrichtseinheit genutzt. Dieser Ansatz wurde bereits im Rahmen der vorangegangenen Projektarbeit für das Thema der Einführung eines differenzierten Atommodells im Chemieunterricht der Sekundarstufe I erfolgreich umgesetzt und evaluiert (van Vorst, 2018a, 2018b), weshalb es nun auf das Thema *Ionen und Salze* übertragen werden soll. Die Grundlagen des Lernleiter-Konzepts und dessen praktische Umsetzung innerhalb der SINUS-Gruppe werden nachfolgend umfassend dargestellt.

Strukturierung mit der Lernleiter

Schaut man in die Literatur zur Beschreibung von Unterrichtsqualität, findet sich darin stets der Aspekt der Strukturierung als eines der wesentlichen Merkmale guten Unterrichts (z. B. Helmke, 2017). Dabei kann die Umsetzung von Strukturierung in der Unterrichtspraxis auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen. Holländer (2010) unterscheidet zwischen einer Inhalts- und einer Prozessstrukturierung. Die Inhaltsstrukturierung beschreibt die sachlogische Untergliederung der Unterrichtsinhalte. Eine grobe Vorgabe der Inhaltsstruktur des Unterrichts findet sich bereits im Curriculum sowie im schulinternen Lehrplan, eine Unterteilung der Inhalte auf einzelne Lernsequenzen und Unterrichtsstunden erfolgt anschließend durch die einzelne Lehrkraft. Auf dieser Ebene findet dann auch die Prozessstrukturierung des Unterrichts statt. Gemeint ist damit die Unterteilung der Unterrichtsschritte, verbunden mit der Phasierung einzelner Unterrichtsstunden, der jeweils eingesetzten Methoden,

Lernmaterialien und Medien. Es ist dabei offensichtlich, dass beide Strukturierungsebenen nicht unabhängig voneinander funktionieren, sondern in einer gelungenen Unterrichtseinheit gegenseitig aufeinander abgestimmt sind.

Um in der Unterrichtspraxis eine sinnvolle Inhalts- und Prozessstruktur umzusetzen, wurden bereits zahlreiche Methoden entwickelt und evaluiert. Einige dieser Methoden, wie beispielsweise der Advance Organizer, die Concept Map oder der Wochenplan konnten sich im Schulalltag durchsetzen. Nur wenigen Strukturierungsmethoden gelingt es allerdings, Inhalts- und Prozessstrukturierung miteinander zu verknüpfen und damit eine transparente Übersicht über den gesamten Verlauf des intendierten Lernprozesses zu geben. Stattdessen fokussiert die einzelne Methode häufig eine der beiden Strukturierungsebenen. Eine Möglichkeit, beide Strukturierungsebenen miteinander zu verknüpfen, stellt das Lernleiter-Konzept dar.

In ihrer ursprünglichen Form beschreibt eine Lernleiter sowohl den inhaltlichen als auch den methodischen Verlauf des Unterrichts (Girg, Lichtinger & Müller, 2012; van Vorst, 2018b). Zu diesem Zweck werden die fachlichen Inhalte in Teilsequenzen untergliedert und in Form von einzelnen Leitersprossen, sogenannten *Milestones*, in eine lineare und hierarchische Abfolge gebracht. Innerhalb eines Milestones wird der Unterrichtsgang mithilfe einzelner Bausteine abgebildet. In Abbildung 1 wird der grundlegende Aufbau einer Lernleiter, bestehend aus Milestones und Bausteinen, dargestellt.

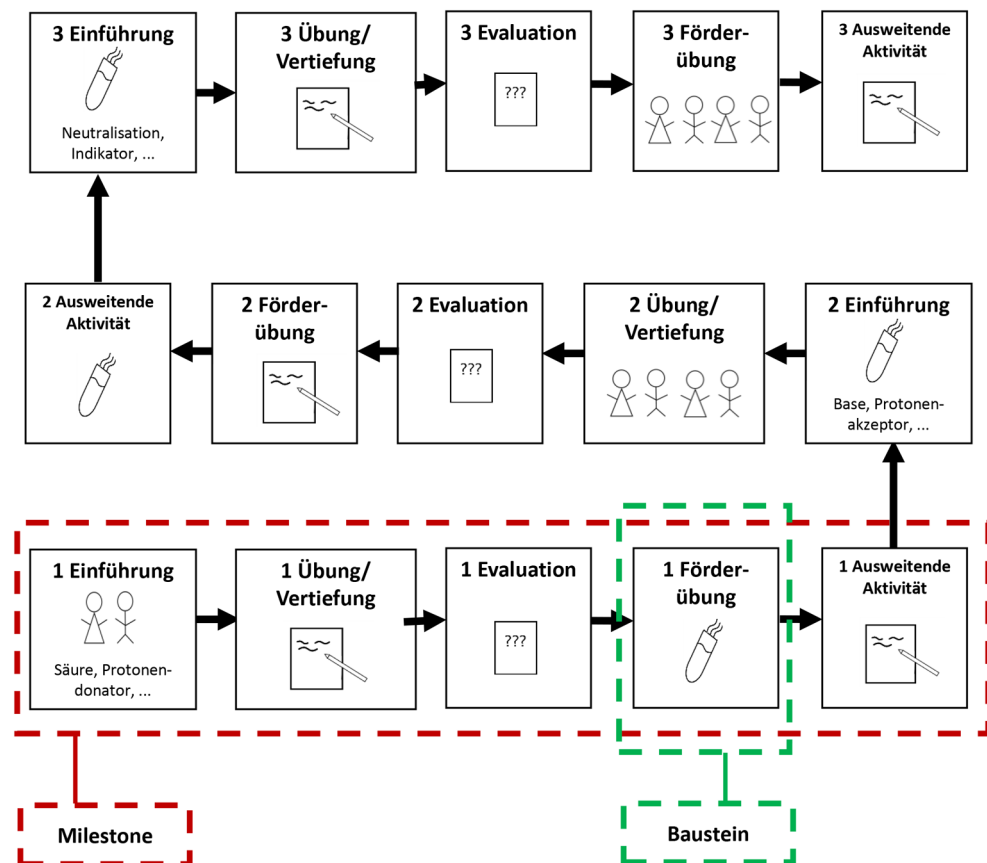


Abbildung 1: Grundlegende Struktur einer Lernleiter (in Anlehnung an van Vorst, 2018b)

Durch Aufhängen der Abbildung der Lernleiter als Plakat im Klassenraum ist gewährleistet, dass die vollständige Unterrichtsstruktur für die Lernenden stets präsent ist.

Jedem Baustein der Lernleiter wird eine sogenannte *Aktivitätskarte* zugeordnet. Sie beinhaltet die konkrete Aufgabenstellung und ist ebenfalls mit dem Piktogramm und der Beschriftung des Bausteins versehen. Damit kann die Aktivitätskarte eindeutig einem Baustein zugeordnet werden, sodass die Lernenden ihr eigenes Lernmaterial selbstständig bearbeiten und individuell in der Lernleiter voranschreiten können.

Mit der hier vorgestellten Lernleiter zum Thema *Ionen und Salze* (Inhaltsfeld 6 des Kernlehrplans Chemie für die Sekundarstufe I – 2019) besteht inhaltlich wie konzeptionell die Möglichkeit, an die bereits vorliegende Lernleiter zum Thema *Atombau* (Inhaltsfeld 5 des Kernlehrplans Chemie für die Sekundarstufe I – 2019) anzuknüpfen. Eine Übersicht über die Inhaltsstruktur der Lernleiter *Atombau* mit drei Milestones zur Einführung des Schalenmodells findet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Inhaltsstruktur der Lernleiter *Atombau*

	Inhalt	Zentrale Begriffe/Konzepte
Milestone 1	Kern-Hülle-Modell, Elementarteilchen/Atomsymbole	Streuversuch, Atomkern, Protonen, Neutronen, Atomhülle, Masse, Massenzahl, Kernladungszahl, Ordnungszahl, Isotope
Milestone 2	Schalenmodell	Elektronen, Schalenmodell, Bohr, Ionisierungsenergie, Energiestufen
Milestone 3	Schalenmodell/Periodensystem	Periodensystem, Hauptgruppen, Oktett-Regel

Besonderes Merkmal dieser Lernleiter ist die systematische Integration binnendifferenzierender Übungsphasen in jeden Milestone. Gleichzeitig lag ein besonderer Fokus der Übungsphasen auf der Förderung der Modellkompetenz der Schülerinnen und Schüler, da ein reflektierter und systematischer Umgang mit Modellen gerade in diesem Themenfeld eine besondere Bedeutung im Chemieunterricht hat. Das vollständige Material der Lernleiter *Atombau* ist als Printversion bei van Vorst und Sumfleth (2020) sowie digital auf der Homepage der QUA-LiS NRW¹ und dem SINUS-Projekt² erhältlich. Die hier dargestellte Lernleiter zum Thema *Ionen und Salze* knüpft inhaltlich an die Lernleiter *Atombau* an und nutzt analoge Aufbauprinzipien. Nachfolgend werden das konkrete Vorgehen bei der Materialentwicklung sowie ausgewählte Materialbeispiele der Lernleiter *Ionen und Salze* vorgestellt.

2 Vorstellung ausgewählter Produkte

Einführung in die Lernleiter *Ionen und Salze*

Für die Entwicklung der Materialien der Lernleiter *Ionen und Salze* wurde das im vorherigen Kapitel bereits vorgestellte grundlegende Konzept der Lernleiter übernommen. Hierzu wurden in einem ersten Schritt für den Unterricht relevante Fachinhalte des Themenfeldes ausgewählt und als inhaltliche Teilsequenzen in Form einzelner Milestones zusammengefasst. So ergaben sich insgesamt drei Milestones, die in eine hierarchische Abfolge gebracht wurden. In

¹ www.schulentwicklung.nrw.de.

² www.sinus.nrw.de.

Tabelle 2 findet sich eine Übersicht über die drei Milestones mit ihren jeweiligen Inhalten.

Tabelle 2: Inhaltsstruktur der Lernleiter *Ionen und Salze*

	Inhalt	Zentrale Begriffe/Konzepte
Milestone 1	Ionenbildung	Elektronenübertragung, Ion, Oktett-Regel, Ionenladung
Milestone 2	Eigenschaften von Salzen	Schmelztemperatur, Löslichkeit, Leitfähigkeit, Sprödigkeit, Gitterenergie
Milestone 3	Nomenklatur und Verhältnisformeln	Elektroneutralität, Verhältnisformeln

Milestone 1 fokussiert die Ionenbildung. Im ersten Baustein bekommen die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit, ein erstes Verständnis des Ionenkonzepts mithilfe des Flash-Trickfilms *Die Synthese von NaCl* der Internetseite *Chemie interaktiv*³ selbstständig zu erarbeiten. Unterstützt wird diese erste Begegnung mit dem Inhalt durch einen Informationstext, der wesentliche Begriffe einführt. Abschließend wird in einer gemeinsamen Plenumsphase das entwickelte Verständnis diskutiert, um so möglichst frühzeitig auf erste Schülervorstellungen reagieren zu können. Die übrigen Bausteine des ersten Milestones dienen dann der Übung und Vertiefung der erworbenen Kenntnisse.

Schwerpunkt des zweiten Milestones ist die Ionenbindung und die daraus resultierenden Zusammenhänge zu den makroskopischen Eigenschaften von Salzen. In der Aneignungsphase erarbeiten die Schülerinnen und Schüler in einem Stationenlernen die Eigenschaften Schmelztemperatur, Leitfähigkeit, Löslichkeit und Sprödigkeit mithilfe unterschiedlicher Experimente und verschiedener Modelle. Unterstützt werden die Lernenden dabei durch entsprechende Aufgabenstellungen, die auf verschiedenen Schwierigkeitsniveaus eine eigenständige Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Eigenschaften von Salzen auf submikroskopischer Ebene ermöglichen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Förderung des Modellverständnisses des Ionengitters in einem Salzkristall, welches stets für die Auseinandersetzung mit den Eigenschaften der Salze herangezogen wird.

Der dritte Milestone fokussiert die Benennung von Salzen sowie das Aufstellen von Verhältnisformeln. Ziel ist, den Umgang mit unterschiedlichen Modellen des Ionengitters einzuüben und das Verständnis über die räumliche Struktur sowie die Mengenverhältnisse in einem Salzkristall anzuregen. Mithilfe zahlreicher Übungen, Analogien und unterschiedlicher Modelldarstellungen soll dieses Verständnis gefördert werden.

In Abbildung 2 ist die Lernleiter *Ionen und Salze* dargestellt. Die Inhaltsstruktur der Lernleiter lässt sich im jeweils ersten Baustein eines Milestones erkennen. Hier werden die zentralen Begriffe und Konzepte, die innerhalb dieses Milestones erarbeitet werden, explizit benannt.

Die Prozessstruktur des Unterrichts wird dann anhand der Abfolge der einzelnen Bausteine sowie mithilfe der verwendeten Symbole innerhalb der Bausteine dargestellt. Dazu wurde eine feste Abfolge der Bausteine innerhalb eines Milestones festgelegt:

- Baustein 1: Aneignung
- Baustein 2: Basisübung

³ www.chemie-interaktiv.net [02.07.2020].

- Baustein 3: Selbsteinschätzung
- Baustein 4: Individuelle Übung
- Baustein 5: Evaluation

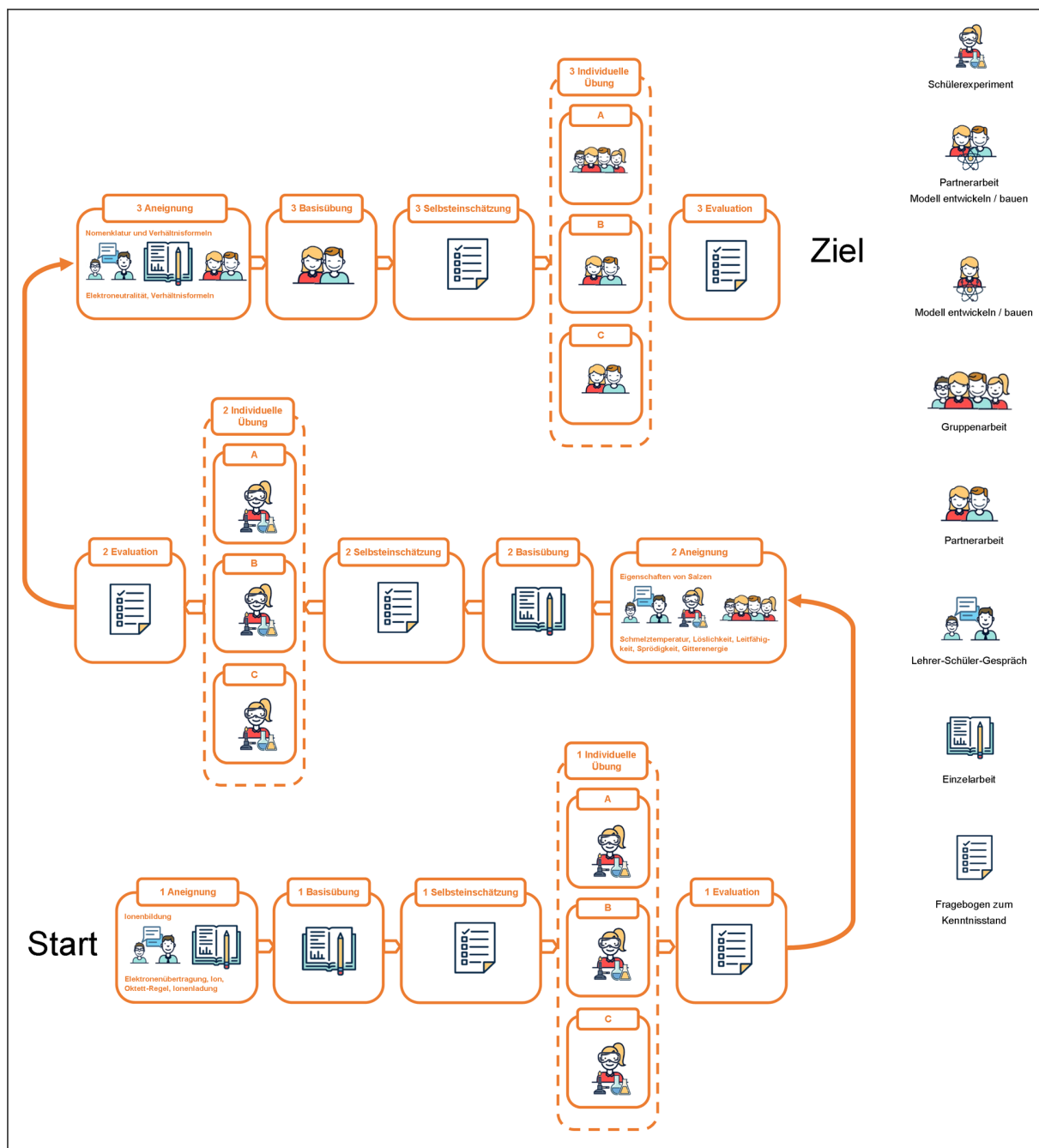


Abbildung 2: Übersicht über die Lernleiter Ionen und Salze

Die einzelnen Bausteine werden nachfolgend im Detail dargestellt.

Baustein 1: Aneignung

Jeder Milestone beginnt mit einer Aneignungsphase. Diese Phase dient dem Erwerb neuen Wissens und nutzt dazu unterschiedliche Sozialformen, Methoden und Herangehensweisen. Neben klassischen Unterrichtsgesprächen finden sich in dieser Phase Experimente, ein Stationenlernen oder computergestützte Selbstlernmaterialien. In der Aneignungsphase wird ein besonderer Wert auf die Aktivierung der Schülerinnen und Schüler gelegt. Dazu werden

handlungsorientierte Methoden genutzt, die dem Ziel dienen, allen Lernenden die Möglichkeit zu eröffnen, sich selbstständig mit den Inhalten auseinanderzusetzen und im Sinne der konstruktivistischen Lerntheorie ihr Wissen zu konstruieren. Um trotzdem eine Rückmeldung durch die Lehrkraft zu erhalten, sind in diesem ersten Baustein auch Plenumsphasen integriert, in denen Fragen und Lösungen im Klassenverband ausgetauscht werden können.

Baustein 2: Basisübung

Das in der Aneignungsphase erworbene Wissen wird im zweiten Baustein, der Basisübung, selbstständig in Übungsaufgaben mit unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus angewendet. Diese Phase ist überwiegend von Einzelarbeit geprägt, damit jede Schülerin und jeder Schüler die Gelegenheit bekommt, das erworbene Wissen eigenständig anzuwenden und mögliche Wissenslücken zu diagnostizieren. Der erste Teil einer Basisübung dient der Wiederholung wesentlicher Begriffe und Konzepte der Aneignungsphase. Hier kommen z. B. Lückentexte zum Einsatz, die dabei helfen, dass auch schwächere Schülerinnen und Schüler einen Überblick über die Zusammenhänge des bearbeiteten Themas erhalten. Ein Beispiel für eine solche Lückentextaufgabe ist in Abbildung 3 dargestellt.

Aufgabe 1: Setze die folgenden Begriffe an der richtigen Stelle im Text ein:

abgeben oder aufnehmen / aufgenommen / Anionen / Argon / Chloridion / Edelgaskonfiguration / Elektron / Ion / Kationen / negativ / positiv / sehr stabiler / sieben / drei

Die Teilchen der meisten chemischen Elemente (außer die Edelgase) streben die sogenannte _____ an. Das ist ein _____ Zustand. Die äußere Elektronenschale ist hierbei vollständig mit Elektronen besetzt. Um diesen Zustand zu erreichen, müssen die Elemente Elektronen _____. Sie werden dadurch zum _____.

Ob Elektronen abgegeben oder aufgenommen werden, hängt von der Stellung im PSE ab. Es gilt, dass so wenige Elektronen wie möglich wandern. Die Anzahl an Elektronen des im PSE am nächsten stehenden Edelgases soll erreicht werden.

Die Elemente der ersten Hauptgruppe, z. B. das Element Natrium, streben die gleiche Anzahl an Elektronen an wie das vor ihnen stehende Edelgas (hier: Neon). Hierzu müssen sie ein _____ abgeben. Für das Element Chlor ist der edelgasähnliche Zustand am schnellsten zu erreichen, wenn ein Elektron _____ wird. Es besitzt dann die gleiche Anzahl Elektronen wie das Edelgas _____. Aus dem Natriumatom ist ein Natriumion geworden und aus dem Chloratom ein _____.

Atome mit ein bis _____ Außenelektronen können Elektronen abgeben. Dabei entstehen _____ geladene Ionen. Solche Ionen heißen _____. Atome mit fünf bis _____ Außenelektronen können Elektronen aufnehmen. Dabei entstehen _____ geladene Ionen. Solche Ionen heißen _____.

Abbildung 3: Aufgabenbeispiel zu einem Lückentext der Basisübung (Milestone 1)

Im zweiten Teil einer Basisübung werden diese Zusammenhänge exemplarisch in weiteren Aufgabenstellungen angewendet. Neben modellorientierten Aufgaben kommt hier z. B. auch ein Würfelspiel zum Einsatz, mit dessen Hilfe das Aufstellen von Verhältnisformeln eingeübt wird. Abbildung 4 zeigt die entsprechende Aufgabenstellung zu dem Würfelspiel.

Aufgabe 6

Spiel „Würfle die Verhältnisformel!“

Mithilfe des folgenden Spieles sollt ihr das Aufstellen der Verhältnisformeln von Salzen üben. Das Spiel besteht aus zwei Runden.

1. Runde:

In der 1. Runde nehmt ihr die Würfel mit der roten und der blauen Beschriftung. Auf dem Würfel mit der roten Beschriftung befinden sich die Elementsymbole eines Metalls und auf dem Würfel mit der blauen Beschriftung befinden sich Elementsymbole von Nichtmetallen.

- Würfelt nun mit beiden Würfeln gleichzeitig.
- Welche Ionen werden aus den beiden Elementen bei einer Elektronenübertragungsreaktion gebildet?
- Welche Verhältnisformel hat das Salz, das aus beiden Ionen gebildet wird?
- Notiert eure Antworten.

Spielt so lange weiter, bis jeder von euch 5-mal gewürfelt hat. Wer die meisten richtigen Antworten gegeben hat, hat gewonnen.

2. Runde:

In der 2. Runde nehmt ihr die Würfel mit der schwarzen und der grünen Beschriftung. Auf dem Würfel mit der schwarzen Beschriftung befinden sich positiv geladene Ionen (Kationen) und auf dem Würfel mit der grünen Beschriftung befinden sich negativ geladene Ionen (Anionen).

- Würfelt nun mit beiden Würfeln gleichzeitig.
- Welche Verhältnisformel hat das Salz, das aus beiden Ionen gebildet wird?
- Notiert eure Antworten.

Spielt so lange weiter, bis jeder von euch 5-mal gewürfelt hat. Wer die meisten richtigen Antworten gegeben hat, hat gewonnen.

Abbildung 4: Anwendungsaufgabe als Würfelspiel zu Verhältnisformeln aus der Basisübung (Milestone 3)

Baustein 3: Selbsteinschätzung

Eine systematische Diagnose der bereits erworbenen Kompetenzen erfolgt im dritten Baustein eines Milestones, der Selbsteinschätzung. Hierzu erhalten die Lernenden einen Selbsteinschätzungsbogen, mit dessen Hilfe sie ihren Wissensstand selbstständig beurteilen. Die Selbsteinschätzungsbögen der Lernleiter *Ionen und Salze* wurden in Anlehnung an die Arbeit von Kallweit und Melle (2017) entwickelt. Ein Beispiel für einen Selbsteinschätzungsbogen ist in Abbildung 5 dargestellt. In der linken Spalte des Selbsteinschätzungsbogens werden Kompetenzen aufgeführt, die die Schülerinnen und Schüler in der Aneignungsphase und Basisübung erworben haben sollten. Mithilfe einer vierstufigen Skala (1 = Das kann ich; 4 = Das kann ich noch nicht) bewerten die Lernenden, inwiefern sie die einzelnen Kompetenzen bereits beherrschen. Sollten sie sich bei einer Kompetenz noch unsicher sein, werden in der rechten Spalte geeignete Aufgaben für die nachfolgende Phase der individuellen Übung empfohlen. Durch dieses Vorgehen soll das selbstregulierte Lernen der Schülerinnen und Schüler gefördert werden. Die formulierten Kompetenzen sollen die Lernenden anhalten, über ihren Lernprozess zu reflektieren und gleichzeitig die Ziele des Milestones präsent halten. Aufgrund der empfohlenen Aufgaben werden die Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt, mögliche Wissenslücken selbstständig zu schließen.








1 Selbsteinschätzung		Ionenbildung			
AB 5: Selbsteinschätzungsbogen					
Nun sollst du dein erworbenes Wissen zur Ionenbildung einschätzen. Bearbeite im Anschluss diejenige Aufgabe, die zu der Fähigkeit in der Tabelle gehört, bei der du zuerst „Da bin ich mir unsicher.“ oder „Das kann ich noch nicht.“ angekreuzt hast.					
Wenn du dich schon bei allen aufgeführten Inhalten sicher fühlst, kannst du die Aufgabe 1 C bearbeiten.					
Meine Fähigkeiten	Das kann ich.	Da bin ich fast sicher.	Da bin ich mir unsicher.	Das kann ich noch nicht.	Übungs- aufgaben
Ich kann die Begriffe <i>Ion</i> , <i>Ionenladung</i> und <i>Edelgaskonfiguration</i> erklären.					1 A 
Ich kann ein Schalenmodell zur Bildung eines Ions aus einem Atom darstellen.					1 A 
Ich kann die Bildung eines Natriumions und eines Chloridions beschreiben.					1 A 
Ich kann erklären, was bei der Reaktion von Metallen mit Nichtmetallen auf Teilchenebene passiert.					1 B 
Ich kann die Bildung der Ionen der Hauptgruppenelemente im Schalenmodell darstellen.					1 B 
Ich kann erklären, wie Salze aufgebaut sind.					1 B 
Wenn du bei den oberen Aussagen immer „Das kann ich.“ oder „Da bin ich fast sicher.“ angekreuzt hast, dann bearbeite folgende Aufgaben:					1 C 

Abbildung 5: Beispiel für einen Selbsteinschätzungsbogen (Milestone 1)

Baustein 4: individuelle Übung

In Abhängigkeit zum Ergebnis der Selbsteinschätzung wird den Schülerinnen und Schülern passendes Fördermaterial empfohlen. Diese binnendifferenzierten Übungsaufgaben bearbeiten die Lernenden im nachfolgenden Baustein zur individuellen Übung. Auch hier wurde ein besonderer Wert auf die Vielfältigkeit der genutzten Methoden und Zugänge gelegt. Neben schriftlichen Aufgaben kommen zahlreiche Karten- und Würfelspiele, Experimente und Lösungsbeispiele zum Einsatz. Im Baustein der individuellen Übung werden drei Schwierigkeitsniveaus unterschieden. Um eine systematische Differenzierung der Schwierigkeitsniveaus zu ermöglichen, wurde eine vereinfachte Version des ESNaS-Kompetenzmodells⁴ genutzt, das zur Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften entwickelt wurde (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010). Dazu wurden bei der Konstruktion der Aufgaben die drei Komplexitätsniveaus *Fakt*, *Zusammenhang* und *Konzept* unterschieden und mit den beiden kognitiven Prozessen *Wiedergeben* und *Anwenden* kombiniert. So wurde die Abstufung der drei Schwierigkeitsniveaus für die individuelle Übungsphase folgendermaßen umgesetzt (siehe Tabelle 3):

4 ESNaS = Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I.

Tabelle 3: Kombination der Komplexitätsniveaus und kognitiven Prozesse auf den Niveaustufen der individuellen Übungsaufgaben der Lernleiter *Ionen und Salze*

	Kognitiver Prozess	Komplexität
Niveau I	Fakt	wiedergeben
	Zusammenhang	wiedergeben
Niveau II	Zusammenhang	anwenden
	Konzept	wiedergeben
Niveau III	Konzept	anwenden

AB 6: „Karl trinkt Mineralwasser“

Setze dir das Ziel zu verstehen, aus welchen Teilchen Salze aufgebaut sind.

Natürliches Mineralwasser mit Kohlensäure versetzt aus der Perlenspritzquelle
Medium

Auszug aus der Mineralwasseranalyse vom 05.04.2016 der Laborunion Prof. Chent.
In 1L Mineralwasser sind enthalten:

Kationen: Natrium (Na⁺) 34 mg/L, Kalium (K⁺) 1,3 mg/L, Magnesium (Mg²⁺) 5,8 mg/L,
Calcium (Ca²⁺) 17,6 mg/L

Anionen: Chlorid (Cl⁻) 49 mg/L, Sulfat (SO₄²⁻) 25 mg/L,
Hydrogencarbonat (HCO₃⁻) 57 mg/L

Aus den Tiefen der gesunden Natur.

Abbildung 1: Flaschenetikett des Mineralwassers *Perlenspritz*

Der folgende Text ist ein Dialog, den ihr rollenverteilt lesen sollt. Der Text ist in drei Abschnitte aufgeteilt. Am Ende des Textes erwartet euch eine zusammenfassende Aufgabe, mit der ihr überprüfen könnt, was ihr gelernt habt.

Karl trinkt Mineralwasser

Teil I:

Karl und Anton treffen sich nach dem Sportunterricht in der Pausenhalle. Karl trinkt gerade den letzten Rest aus seiner Mineralwasserflasche. Anton greift nach der leeren Flasche, sein Blick fällt auf das Etikett.

Anton: „Du hast gerade Chlor getrunken.“

Karl: „Ne, Wasser, warum?“

Anton: „Hier steht, im Wasser ist Chlor enthalten.“

Karl: „Ist das gefährlich?“

Anton: „Ja, Chlor ist doch giftig, das haben wir im Chemieunterricht gelernt.“

Karl: „Das kann gar nicht sein. Entweder du hast etwas falsch verstanden oder in meinem Wasser ist etwas anderes drin.“

Anton: „Stimmt. Das können nur Salze sein. Wahrscheinlich Natriumchlorid, hier steht doch ‚aus den Tiefen der gesunden Natur‘.“

Karl: „Davon habe ich schon mal was gehört. Man kann sogar beweisen, ob bestimmte Salze im Wasser enthalten sind. Man gibt einen Stoff dazu und das Mineralwasser verfärbt sich ganz weiß, wenn Chloridionen enthalten sind. Wenn keine oder andere Ionen drin sind, passiert nichts oder das Wasser verfärbt sich grau oder sogar gelb.“

Abbildung 6: Ausschnitt aus dem Arbeitsmaterial zu Niveaustufe 1 – Lösungsbeispiel „Karl trinkt Mineralwasser“ (Milestone 1) (in Anlehnung an Schüßler, Emden & Sumfleth, 2015)

Das Arbeitsmaterial auf Niveaustufe 1 basiert im Wesentlichen auf Lösungsbeispielen. Diese stellen die Lösung einer komplexen Aufgabe in einzelnen Schritten ausführlich dar. Gerade bei schwächeren Lernenden hat sich der Einsatz von Lösungsbeispielen bewährt (Kölbach & Sumfleth, 2013). Allerdings wäre die Darstellung eines vollständigen Lösungsbeispiels im Rahmen dieses Beitrags zu umfangreich. Deshalb ist nur die erste Seite eines Lösungsbeispiels abgedruckt (siehe Abbildung 6).

Baustein 5: Evaluation

Im letzten Baustein eines Milestones, der Evaluation, wird eine Lernzielkontrolle in Form eines Tests durchgeführt. Diese gibt der Lehrkraft einen Einblick in die individuellen Ergebnisse des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler und kann die Notengebung unterstützen. Bei den Tests innerhalb der Lernleiter *Ionen und Salze* handelt es sich um Multiple-Choice-Tests, die entsprechend den Niveaustufen der individuellen Übungsphase in Anlehnung an das ESNaS-Kompetenzmodell entwickelt wurden. So sollte eine Passung des Schwierigkeitsniveaus an die Übungsphasen des Milestones sichergestellt werden. Abbildung 7 zeigt zwei beispielhafte Aufgaben der genutzten Tests.

Welche Aussage über die Leitfähigkeit von Salzen ist richtig?

- Je höher die Temperatur einer Salzlösung ist, desto besser ist ihre Leitfähigkeit.
- Je niedriger die Konzentration einer Salzlösung ist, desto besser ist ihre Leitfähigkeit.
- Je höher die Spannung der Spannungsquelle ist, desto niedriger ist ihre Leitfähigkeit.
- Je größer das Volumen der Salzlösung ist, desto besser ist ihre Leitfähigkeit.

Den Zustand, bei dem ein Atom seine äußerste Elektronenschale vollständig besetzt hat, nennt man ...

- Oktett-Regel.
- Edelgaskonfiguration.
- Elementarteilchen.
- Valenzschale.

Abbildung 7: Zwei Beispiele der genutzten Aufgaben der Tests aus den Evaluationsbausteinen der Lernleiter *Ionen und Salze*

3 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Perspektiven

Bestandteil der Entwicklung der Lernleiter *Ionen und Salze* waren zwei Implementationsphasen. In diesen Phasen wurde das entwickelte Lernleitermaterial an fünf Gymnasien in NRW in 8. und 9. Klassen erprobt und evaluiert. Zum größten Teil wurde das Material in Klassen eingesetzt, die zuvor mit der Lernleiter *Atombau* unterrichtet wurden und aufgrund dessen die unterrichtliche Arbeit mit der Lernleiter bereits kannten. Um die unterrichtlichen Erfahrungen der einzelnen Lehrkräfte festzuhalten, wurden Implementationstagebücher genutzt. Nach jeder Unterrichtsstunde notierten die Lehrkräfte, welche Teile der Lernleiter sie mit welchen Erfahrungen eingesetzt hatten. Bei den Projektreffen konnten sich die Lehrkräfte mit dieser Grundlage fundiert über ihre Erfahrun-

gen austauschen, die dann die Grundlage für die Optimierung der Lernleiter vor der erneuten Implementation darstellten. Ergänzend wurde eine Evaluationsstudie im Prä-Post-Design mit den Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Dazu wurden bereits bewährte Fragebögen zum chemiebezogenen Interesse und Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler (z. B. Fechner, 2009; van Vorst, 2013) eingesetzt, in denen die Lernenden ihr Selbstkonzept sowie ihr Interesse auf einer vierstufigen Likert-Skala (1 = trifft gar nicht zu; 4 = trifft vollständig zu) vor und unmittelbar nach der Unterrichtsreihe mit der Lernleiter bewerteten. Zusätzlich wurde das Fachwissen zum Themenfeld *Ionen und Salze* sowohl vor als auch unmittelbar im Anschluss an den Lernleiter-Unterricht eingesetzt, um den Kompetenzzuwachs im Bereich des Fachwissens durch den Unterricht mit der Lernleiter zu ermitteln. Angestrebt wurde auch ein Vergleich der Lernleiter-Klassen mit Schülerinnen und Schülern aus Parallelklassen, die nicht mit dem Lernleiter-Konzept unterrichtet wurden. In der Durchführung zeigte sich jedoch, dass der Unterricht der Kontrollgruppe sowohl vom Umfang als auch von der inhaltlichen Ausgestaltung her nicht hinreichend vergleichbar zum Lernleiter-Unterricht war, sodass in der Auswertung kein fairer Vergleich der Ergebnisse gewährleistet werden konnte. Aus diesem Grund werden nachfolgend ausschließlich die Ergebnisse der Lernleiter-Gruppe berichtet. Insgesamt konnten die Daten von 80 Schülerinnen und Schülern in die Auswertung einbezogen werden (39 männlich, 41 weiblich). Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse des Fachwissenstests. Die Durchführung einer Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt einen signifikanten Fachwissenszuwachs im Themenfeld *Ionen und Salze* mit einer hohen Effektstärke ($F(1, 79) = 93,847$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,543$). Hinsichtlich des Fachwissenszuwachses kann der Unterricht mit der Lernleiter somit als positiv bewertet werden.

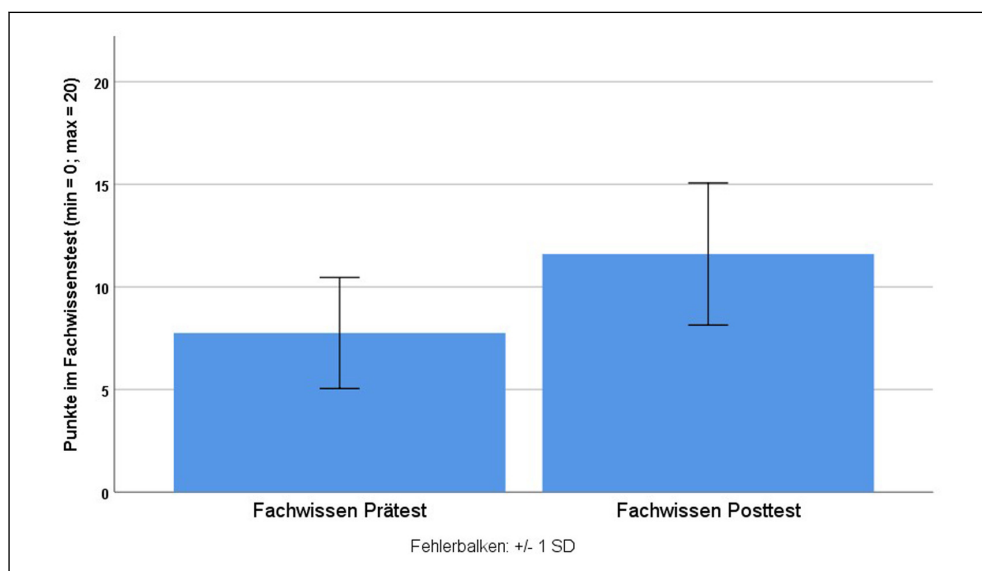


Abbildung 8: Mittelwert der absolut erreichten Punktzahl im Fachwissenstest zum Themenfeld *Ionen und Salze* (maximal 20 Punkte; minimal 0 Punkte)

Für das Interesse und Selbstkonzept der Lernenden konnten keine signifikanten Effekte des Lernleiter-Unterrichts gefunden werden. Die Werte liegen nach wie vor im mittleren Bereich. Dies erscheint zunächst als ernüchterndes Ergebnis, kann aber vor dem Hintergrund des allgemein festgestellten Interessensrückgangs am Fach Chemie in der Sekundarstufe I (Merzyn, 2008) als positiv

gewertet werden. Dem sonst negativ verlaufenden Trend des Interesses der Lernenden konnte zumindest entgegengewirkt werden.

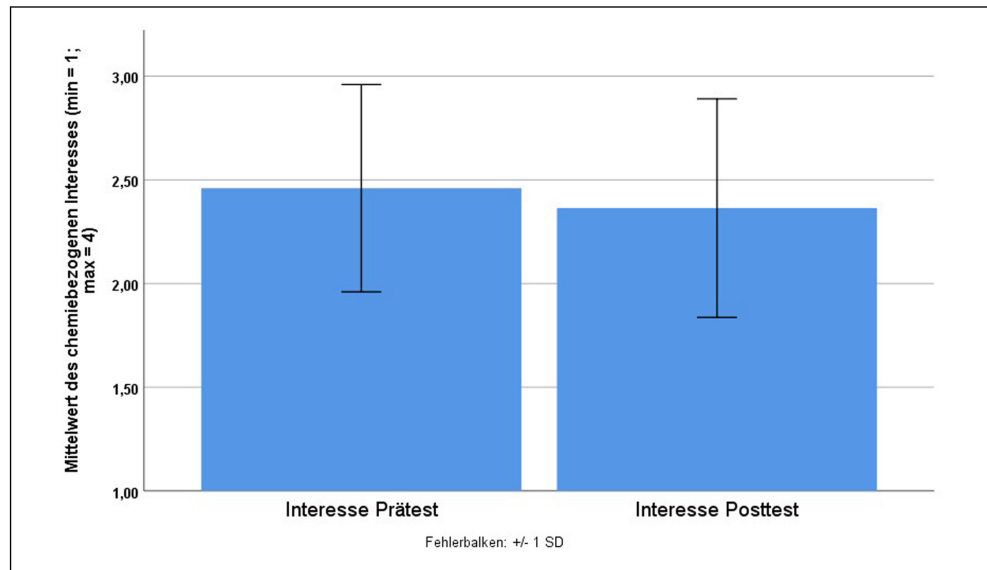


Abbildung 9: Mittelwerte der Fragebogenergebnisse zum Interesse am Fach Chemie (1 = trifft gar nicht zu; 4 = trifft völlig zu)

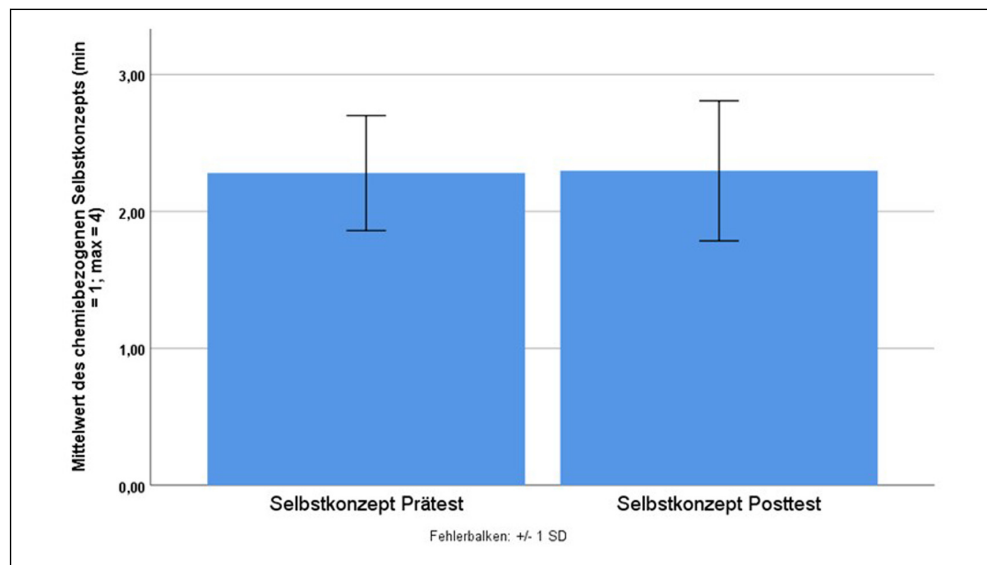


Abbildung 10: Mittelwerte der Fragebogenergebnisse zum chemiebezogenen Selbstkonzept der Lernenden (1 = trifft gar nicht zu; 4 = trifft völlig zu)

Die unterrichtspraktische Erprobung zeigt, dass die Lernleiter *Ionen und Salze* auch unabhängig von der Lernleiter *Atombau* erfolgreich eingesetzt werden kann, wenn die Schülerinnen und Schüler in den Umgang mit der Lernleiter eingeführt werden. Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler zeigen, dass sie am Unterricht mit der Lernleiter insbesondere das transparente und strukturierte Vorgehen in Kombination mit der Selbstverantwortung für ihren eigenen Lernprozess schätzen. Die Unterrichtsbeobachtung der Lehrkräfte, aber auch Aussagen der Lernenden machen deutlich, dass sie die Transparenz des Unterrichtsgeschehens als besonders förderlich für ihren Lernprozess bewerten. Durch das Lernleiterposter, auf dem der Unterrichtsstand in jeder Unter-

richtsstunde gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern eingeordnet wird, sind sowohl der Lerninhalt, aber auch die Sozialform transparent.

Die Erfahrungen der Lehrkräfte, die mit der Lernleiter unterrichteten, machen deutlich, dass die Lernenden von den kleinschrittigen Lernsequenzen sowie der klaren Gliederung in Milestones und Bausteine profitieren. Hierdurch wird das strukturierte Arbeiten gefördert. Die Lehrkraft ist dabei als Lernberater gefragt, der die Schülerinnen und Schüler individuell während der Selbsteinschätzung und der individuellen Übungsphase unterstützt, was eine genaue Beobachtung des Lernverhaltens und das gezielte und individuelle Anbieten geeigneter Hilfestellungen erfordert.

Gerade das handlungsorientierte Material, wie z. B. Lernspiele, erhöht die Motivation der Schülerinnen und Schüler in den Übungsphasen. Anders als in der Lernleiter *Atombau*, in der inhaltsbedingt nur Modellexperimente eingesetzt wurden, integriert die Lernleiter *Ionen und Salze* auch Schülerexperimente. Während das SINUS-Team bei der Konstruktion des Lernleitermaterials davon ausging, dass der Einsatz von Schülerexperimenten einen besonderen motivierenden Effekt hat, zeigt die praktische Erprobung an diesen Stellen die größten Herausforderungen für den unterrichtlichen Einsatz. Zum einen ist es notwendig, die einzelnen Versuchsvorschriften an die Gegebenheiten und die Ausstattung der jeweiligen Schule sowie die Experimentiererfahrungen der Schülerinnen und Schüler anzupassen. Zum anderen ist ein geübtes Classroom-Management erforderlich, da die Lernenden abhängig von der Niveaustufe unterschiedliche Experimente durchführen. Die Auswertung der Experimente zu den Eigenschaften der Salze erfolgt zudem nicht nur auf phänomenologischer Ebene, sondern mithilfe der submikroskopischen Struktur der Salze. Gerade leistungsschwächere Lernende erkennen an dieser Stelle nicht die Notwendigkeit der strukturellen Erklärung, sondern bleiben auf der Ebene der phänomenologischen Auswertung des Experiments. Ihnen fällt es damit schwerer, die für diesen Milestone relevanten Kenntnisse zu erwerben.

Trotz dieser besonderen Herausforderungen sehen alle Lehrkräfte der Netzwerkschulen, die die Lernleiter *Ionen und Salze* bisher einsetzten, diese als sehr gewinnbringend an. Durch die transparente Prozess- und Inhaltsstruktur wurden aus ihrer Sicht nachhaltiges Lernen und die Zufriedenheit der Schülerinnen und Schüler im Chemieunterricht nachhaltig gefördert.

Literatur

- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Fechner, S. (2009). *Effects of context oriented learning on student interest and achievement in chemistry education*. Berlin: Logos.
- Girg, R., Lichtinger, U. & Müller, T. (2012). *Lernen mit Lernleitern. Unterrichten mit der MultiGradeMultiLevel-Methodology (MGML) (Theorie und Praxis der Schulpädagogik, Bd. 10, neue Ausg)*. Immenhausen, Hess: Prolog.
- Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts (Unterricht verbessern – Schule entwickeln, 7. Aufl.)*. Seelze: Klett; Kallmeyer.
- Hilbing, C. & Barke, H.-D. (2004). Ionen und Ionenbindung: Fehlvorstellungen hausgemacht! Ergebnisse empirischer Erhebungen und unterrichtliche Konsequenzen. *Chemie konkret*, 11 (3), 115–120.
- Holländer, M. (2010). *Effektivität des Advance Organizers als Strukturierungshilfe im Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Berlin: Uni-Edition.

- Kallweit, I. & Melle, I. (2017). Selbsteinschätzungsbögen als Instrument zur individuellen Förderung im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23 (1), 143–163.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–150. Verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/16_Kauertz.pdf [30.05.2012].
- Kölbach, E. & Sumfleth, E. (2013). Analyse von Kontexteffekten beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 159–188.
- Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter?* Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen*. Chemie. Düsseldorf.
- Nickel, H. (2015). Spielerisches Üben zum Thema Ionenbildung sowie Ionen- und Salzformel. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 64 (7), 9–14.
- Schüßler, K., Emden, M. & Sumfleth, E. (2015). *Lösungsbeispiele zum Thema Salze*. Universität Duisburg-Essen. Verfügbar unter https://www.uni-due.de/imperia/md/content/chemiedidaktik/ag-sumfleth/loesungsbeispiele_salze.pdf [16.01.2020].
- Strehle, N. (2007). *Das Ion im Chemieunterricht. Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 67). Berlin: Logos.
- van Vorst, H. (2013). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 145). Berlin: Logos.
- van Vorst, H. (2018a). Structuring learning processes by ladders of learning: results from an implementation study. *Chemistry Education Research and Practice*, 19 (4), 1081–1095.
- van Vorst, H. (2018b). Zum Bohr'schen Atomkonzept mit der Lernleiter. Ein Ansatz zur Unterrichtsstrukturierung und Differenzierung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 71 (5), 317–324.
- van Vorst, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.) (2020). *Von Sprosse zu Sprosse. Innovative Erarbeitung des Bohr'schen Atomkonzepts mit der Lernleiter*. Münster: Waxmann.

Projektgruppe

Carolin Geißler, Heinrich-Heine-Gymnasium, Dortmund
 Claudia Göke, Marianne-Weber-Gymnasium, Lemgo
 Sonja Klose, Steinhagener Gymnasium, Steinhagen
 Annegret Middelberg, Max-Planck-Gymnasium, Bielefeld
 Sören Pischel, Max-Planck-Gymnasium, Bielefeld
 Hanne Preiß, Marianne-Weber-Gymnasium, Lemgo
 Kai Riese, Heinrich-Heine-Gymnasium, Dortmund
 Andrea Timphus-Meier, Marianne-Weber-Gymnasium, Lemgo
 Raphael Troll, Friedrich-Rückert-Gymnasium, Düsseldorf
 Dr. Elke Wolf, Steinhagener Gymnasium, Steinhagen

Fachdidaktische Begleitung und Koordination

Dr. Helena van Vorst, Chemiedidaktik, Universität Duisburg-Essen

Chemie in heterogenen Lerngruppen sicher und schüleraktivierend unterrichten

BETTINA MOST, PETRA WLOTZKA

Mit der Umsetzung der Behindertenrechtskonvention der Vereinten Nationen wurde 2014¹ in NRW der Weg zur inklusiven Bildung an allen allgemeinbildenden Schulen geebnet. Seitdem werden an diesen Schulen zunehmend mehr Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet. Somit stellt sich für den Chemieunterricht die Frage: „Wie kann der Unterricht gestaltet werden, dass die Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf im Bereich der kognitiven Entwicklung genauso am Unterricht teilnehmen können wie leistungsstärkere oder sogar hochbegabte Lernende?“ Zusätzlich muss gewährleistet werden, dass sicher experimentiert wird. Zum einen scheint das Experiment besonders geeignet, lernschwachen Lernenden auf Phänomenebene einen Zugang zur Chemie zu ermöglichen, zum anderen muss aber sichergestellt werden, dass alle Schülerinnen und Schüler die Sicherheitsregeln kennen und verstehen und mit Gefahrstoffen und Laborgeräten entsprechend umgehen können. Wie muss eine solche Sicherheitsbelehrung gestaltet sein, die allen Schülerinnen und Schülern die Teilhabe am Experimentalunterricht ermöglicht und die gleichzeitig für die Kolleginnen und Kollegen die nötige Rechtssicherheit gewährleistet?

Um Antworten auf diese Fragen zu geben, arbeiteten Kolleginnen und Kollegen verschiedener Schulformen (Gymnasium, Realschule, Hauptschule und Förderschule) gemeinsam an der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für solche heterogene Lerngruppen. Die Ergebnisse der gemeinsamen Arbeit sind

- ein Methodenkoffer „Sicherheitsbelehrung“ mit vielfältigen Materialien zur Sicherheitsunterweisung mit besonderem Blick auf Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf,
- eine Lernumgebung zur Stofftrennung, die es aufgrund der vielfältigen und unterschiedlichen Differenzierungsmaßnahmen allen Lernenden einer Lerngruppe ermöglicht, nach den eigenen Fähigkeiten zielführend an der gleichen Fragestellung zu arbeiten.

Nach einer kurzen Einführung, die einen Einblick in die didaktischen Grundüberlegungen gewährt, werden im Folgenden die Konzepte, die den beiden Unterrichtsbausteinen zugrunde liegen, vorgestellt. Die einzelnen Materialien sind über die Materialdatenbank von SINUS.NRW zugänglich².

1 Projektbeschreibung und Grundlagen

„Die Verschiedenheit der Köpfe ist das große Hindernis aller Schulbildung. Darauf nicht zu achten ist der Grundfehler aller Schulgesetze, die den Despotis-

1 <https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Inklusion/Lehrkraefte/Recht/NeuntesSchulrechtsaenderungsgesetz.pdf> [30.06.2020] (9. Schulrechtsänderungsgesetz zur Umsetzung der VN-Behindertenrechtskonvention).

2 www.sinus.nrw.de.

mus der Schulmänner begünstigen und alles nach einer Schnur zu hobeln veranlassen.“ (Herbart, 1808)

Motivation und Ausgangslage

Heterogenität im Klassenzimmer ist keine Erfindung des 21. Jahrhunderts. Wie das Zitat zeigt, hat schon Herbart, der Begründer der modernen Pädagogik, im 19. Jahrhundert darauf hingewiesen, wie wichtig es ist, diese Heterogenität wahrzunehmen und entsprechend darauf zu reagieren. Ein Blick in die heutigen Klassenzimmer zeigt, dass wir es mit einer bunten Mischung von Schülerinnen und Schülern aus unterschiedlichen sozialen Schichten mit ebenso unterschiedlichen Begabungen, Interessen, ethnischen Wurzeln, Vorkenntnissen, Arbeitsverhalten usw. zu tun haben, die gemeinsam unterrichtet werden. Besonders der starke Zustrom von Flüchtlingen und die Umsetzung der Behindertenrechtskonvention der Vereinten Nationen (Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen, 2017) haben das bunte Bild in den Klassen noch erweitert und stellen die Lehrkräfte vor besondere Herausforderungen. Ziel der Arbeitsgruppe, die sich aus Kolleginnen und Kollegen unterschiedlicher Schulformen zusammensetzt, war es deshalb, besonders die letzte Gruppe, also Schülerinnen und Schüler, die nicht zielgleich unterrichtet werden, in den Fokus zu nehmen und Unterrichtsmaterial zu entwickeln, das so gestaltet ist, dass zum einen Schülerinnen und Schüler mit den Förderschwerpunkten Lernen und geistige Entwicklung gemäß ihren Fähigkeiten am Chemieunterricht teilhaben und chemisches Basiswissen zumindest auf Phänomenebene erwerben können. Dazu gehört auch die Durchführung einfacher Experimente unter Einhaltung der Sicherheitsregeln. Zum anderen soll für Schülerinnen und Schüler ohne speziellen Förderbedarf die Lernumgebung so organisiert sein, dass sowohl leistungsschwache als auch leistungsstarke Lernende gemäß ihren Möglichkeiten individuell gefördert werden.

Ausgehend von dieser Grundidee ist ein Methodenkoffer „Sicherheitsbelehrung“ entwickelt worden. Er soll das sichere Experimentieren in stark heterogenen Lerngruppen unterstützen, indem er differenzierte Materialien zur Einführung von Sicherheitsregeln, Sicherheitseinrichtungen in Fachräumen, Bedeutung der Gefahrstoffpiktogramme und der H- und P-Sätze sowohl für den Anfangsunterricht als auch für fortgeschrittene Klassen bereitstellt (Kapitel 2). Außerdem wurde für heterogene Lerngruppen ein exemplarisches Unterrichtsvorhaben zur Stofftrennung entwickelt, das besonders Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung in den Blick nimmt (Kapitel 3). Die Umsetzung des Vorhabens in eine digitale Lernumgebung gewährleistet eine möglichst breite Differenzierung auf unterschiedlichen Niveaus.

Didaktische Leitidee

Bei der Erstellung der Unterrichtsmaterialien wurden die Prinzipien und Richtlinien für die Planung von Gemeinsamem Unterricht gemäß des Universal Design for Learning (UDL) berücksichtigt. Es handelt sich dabei um ein Konzept zur Unterrichtsgestaltung, das allen Lernenden ein erfolgreiches Lernen ermöglichen möchte (CAST, 2011), indem es

- Flexibilität in der Informationsdarstellung, in der Präsentation und Demonstration von Wissen und Fähigkeiten durch die Lernenden und ihrer Aktivierung und Motivation bietet,
- Barrieren im Unterricht reduziert und passende Räume bietet, unterstützt und herausfordert und hohe Leistungserwartungen für alle Schülerinnen

und Schüler einer Lerngruppe aufrechterhält (Schlüter, Melle & Wember, 2016).

Das bedeutet, dass der Unterricht durch flexible Lernstrategien und variable Materialengestaltung so gestaltet ist, dass nicht nur Schülerinnen und Schüler mit Beeinträchtigungen, sondern alle Lernenden einer Lerngruppe davon profitieren und erfolgreich lernen können.

Der Leitgedanke des UDL ist die Flexibilität und konkretisiert sich in den folgenden drei Prinzipien (Meyer, Rose & Gordon, 2014):

1. Biete multiple Mittel der Repräsentationen von Informationen, um Lernen durch Wahrnehmung und Erkennen zu unterstützen (z. B. durch Bereitstellen von Texten, Bildern, auditiven Medien).
2. Biete multiple Optionen zur Verarbeitung von Informationen und zur Darstellung von Lernergebnissen, um strategisches Lernen zu unterstützen (z. B. aktivierende Methoden).
3. Biete multiple Hilfen zur Förderung von Lernengagement und Lernmotivation (z. B. durch attraktive Kontexte).

Bei der Entwicklung des Methodenkoffers „Sicherheitsbelehrung“ wurden diese Prinzipien z. B. dadurch berücksichtigt, dass zu den verschiedenen Aspekten der Sicherheitsbelehrung Materialien auf unterschiedlichen Niveaustufen erstellt wurden. Im Sinne der Barrierefreiheit wurde darauf geachtet, dass die Informationen bezüglich des Umgangs mit den Gefahrstoffen, den Sicherheitseinrichtungen und den Regeln für sicheres Experimentieren sowohl durch Bilder, unterschiedlich anspruchsvolle Texte, auditive Medien (z. B. durch Vorlesestifte) und multimediale Tools den Lernenden zur Verfügung gestellt werden. Zur Verarbeitung der Informationen können die Lernenden z. B. zwischen niveaudifferenzierten Arbeitsmaterialien, analogen Spielen (z. B. Memory, Bandolino), interaktiven und multimedialen Lernbausteinen (z. B. Auswahlaufgaben, Zuordnungsaufgaben) sowie einer digitalen Laborrallye wählen.

Die Lernumgebung zur Stofftrennung („Jana in den Everglades – Trennverfahren für unterwegs“) wurde so konzipiert, dass alle Schülerinnen und Schüler einer Lerngruppe am gleichen Unterrichtsgegenstand arbeiten. Ziel ist jeweils die erfolgreiche Trennung eines Stoffgemischs durch die Anwendung eines passenden Trennverfahrens (Sortieren, Sieben, Sedimentieren, Extrahieren, Dekantieren, Destillieren). Alle Aufgaben haben den gleichen Grundaufbau. Die Differenzierung erfolgt z. B. durch die Bereitstellung des Experimentiermaterials in unterschiedlich bestückten Interaktionsboxen (zielgerichtete Ausstattung, variable Ausstattung) und durch vielfältige Hilfen wie z. B. gestufte Planungstipps bis hin zu Durchführungsvorschlägen mit und ohne Aufbauskizzen.

Die Umsetzung des Unterrichtsvorhabens in eine digitale Lernumgebung bietet darüber hinaus weitere Möglichkeiten der Individualisierung. Sie ermöglicht den Lernenden in besonderem Maße, nötige Hilfen durch eine entsprechende Verlinkung passgenau in Anspruch zu nehmen. Außerdem können die Schülerinnen und Schüler noch selbstständiger und selbstregulierter arbeiten und das Lerntempo an die eigenen Bedürfnisse anpassen.

Im Folgenden werden der Methodenkoffer „Sicherheitsbelehrung“ und die Lernumgebung zur Stofftrennung anhand exemplarisch ausgewählter Materialbeispiele, die die differenzierenden Elemente besonders verdeutlichen, vorgestellt. Dabei werden auch Lernmaterialien präsentiert, die erst an wenigen

Regelschulen zur Ausstattung gehören und deren Beschaffung mit Kosten verbunden ist, z. B. Vorlesestifte und Logico-Rahmen. Auch wenn die Unterrichtsarrangements im Wesentlichen ohne diese Lernmaterialien umgesetzt werden können, sollen die Fachschaften zur Überprüfung ermutigt werden, ob eine längerfristig angelegte Beschaffung sinnvoll und realisierbar ist.

2 Vorstellung des Methodenkoffers „Sicherheitsbelehrung“

Vorüberlegungen

Warum ein Methodenkoffer „Sicherheitsbelehrung“?

Was macht Chemieunterricht zu einem spannenden, motivierenden und nachhaltig prägenden Erlebnis für Schülerinnen und Schüler? – Die Antwort kennt jeder, der Chemie unterrichtet: natürlich ein Experiment. Doch um Experimente durchzuführen, egal ob als Schüler- oder als Lehrereperiment, werden häufig Gefahrstoffe eingesetzt. Um Unfälle beim Experimentieren zu vermeiden, gibt es in Nordrhein-Westfalen die sogenannten Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht an allgemeinbildenden Schulen, kurz RISU-NRW (MSB, 2020). In der RISU-NRW 2020 ist u. a. festgelegt, dass jeder Unterrichtende, der im Unterricht mit Gefahrstoffen umgeht, dazu verpflichtet ist, zweimal jährlich eine Sicherheitsbelehrung in den entsprechenden Lerngruppen durchzuführen (vgl. MSB, 2020, S. 45). Eine anschließende Dokumentation im Klassen- bzw. Kursbuch muss ebenfalls vorgenommen werden (vgl. MSB, 2020, S. 45).

Sind die Inhalte der Sicherheitsbelehrung verstanden worden und sind die Lernenden von der Notwendigkeit des Einhaltens der Sicherheitsmaßnahmen überzeugt? Werden in heterogenen Lerngruppen auch die Schülerinnen und Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen oder geistige Entwicklung erreicht? Diese Fragen waren der Anlass, methodisch vielseitige Vorgehensweisen zur Sicherheitsunterweisung zu entwickeln.

Jeder Lernende, der am Unterricht mit Gefahrstoffen teilnimmt, wird im Laufe seiner Schulzeit, je nach Schulform, 8 bis 16 Sicherheitsunterweisungen erleben. Aufgrund dieser Annahme haben wir ein breites Repertoire an Materialien entwickelt, welches von der jeweiligen Lehrkraft auf die Lerngruppe und die räumlichen Gegebenheiten abgestimmt und eingesetzt werden kann. Ein Großteil der auf den folgenden Seiten vorgestellten Materialien sind kostenlos verfügbar bzw. selber zu erstellen.

Folgende Bausteine sollen im Rahmen einer Sicherheitsbelehrung vermittelt werden:

- die Gefahrenpiktogramme und deren Bedeutung,
- H- und P-Sätze und deren Bedeutung,
- Sicherheitseinrichtungen in einem Fachraum und deren Funktionsweise,
- richtiges Verhalten beim Experimentieren.

Die Mitglieder der SINUS-Gruppe sind bei der Erarbeitung der Materialien von Fachräumen ausgegangen, in denen sie selbst Chemie unterrichten. Beim Einsetzen der Materialien des Methodenkoffers müssen etwaige Besonderheiten der eigenen Räumlichkeiten beachtet werden.

Übersicht über alle erstellten Materialien

Bei der Entwicklung der Materialien sind besonders Schülerinnen und Schüler mit den Förderschwerpunkten Lernen, geistige Entwicklung und Sprache berücksichtigt worden. Grundsätzliche Hinweise zum Experimentieren in heterogenen Lerngruppen sind in der Broschüre „Gemeinsames Lernen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I“, herausgegeben von der Unfallkasse NRW und dem Ministerium für Schule und Bildung NRW, zu finden (Unfallkasse NRW, 2018).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Materialien, die zur Sicherheitsunterweisung erstellt wurden. Eine Kennzeichnung mit den Buchstaben GL (Gemeinsames Lernen) zeigt an, dass das Material besonders für Lernende mit Förderschwerpunkt Lernen, geistige Entwicklung und/oder Sprache geeignet ist.

Tabelle 1: Überblick über die Materialien zur Sicherheitsunterweisung

Material	Kurzbeschreibung
Gefahrenpiktogramme und deren Bedeutung (Phrasen)	
Memorykarten GL*	Nach den Regeln des Spiels Memory wird den Gefahrenpiktogrammen die entsprechende Bedeutung zugeordnet. Nach der Übungsphase bietet es sich an, die Karten zum Abfragen zu nutzen.
Arbeitsblatt	Auf einem Arbeitsblatt sind die Piktogramme abgebildet; Bedeutung, Wirkbeispiele und Hinweise zur Sicherheit und Ersten Hilfe müssen zugeordnet werden. Sind alle Zuordnungen richtig, ergibt sich ein Lösungswort.
Learning-App GL*	Nach den Regeln des Memoryspiels wird auf der Internetseite „LearningApps.org“ Gefahrenpiktogrammen die jeweilige Bedeutung zugeordnet ³ .
Logico GL*	Gefahrenpiktogramme und deren Bedeutung (speziell für das Logico Piccolo erstellt) werden mit bunten Schiebeknöpfen miteinander verbunden (siehe exemplarische Vorstellung der Materialien).
Bandolino GL*	Es handelt sich um ein Wickelspiel, bei dem durch eine Kordel ein Gefahrenpiktogramm mit der jeweiligen Bedeutung verbunden wird. Die Richtigkeit der Aussagen kann durch Selbstkontrolle auf der Rückseite überprüft werden.
Vorlesestift GL*	Die Gefahrenpiktogramme sind mit Markierungspunkten versehen und der Vorlesestift gibt die jeweilige Bedeutung der Gefahrenpiktogramme wieder (siehe exemplarische Vorstellung der Materialien).
H- und P-Sätze	
Alltagsprodukte	Auf den Verpackungen von Alltagsprodukten (z. B. Stifte, Spülmittel, Abflussreiniger) sind H- und P-Sätze angegeben. Deren Bedeutung bzw. deren Nummerncode werden mithilfe eines Posters ermittelt (bua, 2008).
Memory	Bestimmten Berufen können Chemikalien zugeordnet werden (z. B. Kfz-Mechatroniker/in – Schmieröl). Im Vorfeld können die Lernenden sich in einer Lernumgebung über Berufe mit Chemiebezug informieren (Krause, Stuckey & Eilks, 2014). ⁴

3 Das Memory kann unter dem folgenden Link abgerufen werden: <https://learningapps.org/watch?v=p1kx65goc18> [30.06.2020].

4 Die Lernumgebung zu „Chemie und Berufe“ ist unter dem folgenden Link abrufbar: <http://www.digitale-medien.schule/berufe.html> [30.06.2020].

(Fortsetzung Tabelle 1)

Material	Kurzbeschreibung
Learning App	Auf der Internetseite „LearningApps.org“ ist ein Spiel erstellt, in dem Berufe einer Chemikalie zugeordnet werden können ⁵ . Im Vorfeld können die Lernenden sich in einer Lernumgebung über Berufe mit Chemiebezug informieren (Krause, Stuckey & Eilks, 2014).
Regeln zum Sicherem Experimentieren	
Abbildung Chemieraum GL*	Mehrere Schülerinnen und Schüler experimentieren. Manche verhalten sich beim Experimentieren richtig, manche machen Fehler. Die Fehler sollen benannt und korrigiert werden (in Anlehnung an Eisner et al., 2008).
Kahoot!	Kahoot! ist ein Abfragespiel mit starkem Wettbewerbscharakter, welches online gespielt wird. Eine Abbildung zeigt mehrere Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren. Manche verhalten sich beim Experimentieren richtig, manche machen Fehler. Eingebunden in ein Kahoot! beantworten die Schülerinnen und Schüler Fragen zur guten Experimentierpraxis (in Anlehnung an Eisner et al., 2008).
Sketchnotes	Abbildungen zeigen Lernende, die sich beim Experimentieren falsch verhalten. Es folgt eine Erläuterung, wie es richtig zu sein hat und dann die entsprechende Abbildung. Die Karten müssen in die richtige Reihenfolge gebracht werden.
Video mit eingebendeten Fragen	Das Video zeigt Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren, z. T. werden Sicherheitsregeln nicht eingehalten. Das Video stoppt an verschiedenen Stellen und läuft erst weiter, wenn von den Lernenden Fragen zum sicheren Experimentieren beantwortet werden.
Lesetext ggf. GL*	Eine Geschichte mit fehlerhaftem Verhalten beim Experimentieren im Chemieraum muss von den Lernenden korrigiert und berichtigt werden (Lauer).
Logico GL*	Regeln zum Experimentieren sollen vervollständigt werden. Mit bunten Schiebeknöpfen werden die richtigen Aussagen miteinander verbunden (siehe exemplarische Vorstellung der Materialien).
Sicherheitseinrichtungen im Chemieraum	
Vorlesestift GL*	Eine Abbildung (Unfallkasse „Sichere Schule“) ⁶ zeigt die Sicherheitseinrichtungen des Fachraums. Markierungspunkte, die an den Sicherheitseinrichtungen angebracht sind, können mit dem Vorlesestift berührt werden. Nun wird die gespeicherte Information vom Vorlesestift wiedergegeben.
Interaktive Abbildung GL*	Auf der Abbildung (Unfallkasse „Sichere Schule“) sind die Sicherheitseinrichtungen mit Markierungen versehen. Klickt man auf die Markierungen, so wird die Funktion der Einrichtung mit einem Text oder Video erklärt.
Logico GL*	Den Sicherheitseinrichtungen eines Chemieraums werden über bunte Schiebeköpfe die passenden Begriffe zugeordnet.
Abbildungen	Augennotdusche, Feuerlöscher und z. B. Löschsand sind auf Abbildungen zu sehen. Beschreibungen geben deren Funktionsweise wieder. Nach dem Lesen sollen Fragen beantwortet werden.

5 Das Memory kann unter folgendem Link abgerufen werden: <https://learningapps.org/view8583935> [30.06.2020].

6 <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/rms-web-storage/chemie/public/startseiten/chemie-home.jpg> [30.06.2020].

(Fortsetzung Tabelle 1)

Material	Kurzbeschreibung
Mehrere Elemente einer Sicherheitsbelehrung	
Lernen an Stationen	An verschiedenen Stationen werden Sicherheitsaspekte vermittelt. Ausschneiden, Aufkleben und das Lösen von Rätseln sorgen für Abwechslung.
Lernen an Stationen	An verschiedenen Stationen werden Sicherheitsaspekte vermittelt. Das Material wird von der Unfallkasse NRW kostenlos zur Verfügung gestellt (DGUV). ⁷
Biparcours	Mit der App Biparcours wird eine interaktive Sicherheitsbelehrung durchgeführt (siehe auch exemplarische Vorstellung einiger Materialien).
Kahoot!	Mehrere Aspekte einer Sicherheitsbelehrung werden spielerisch abgefragt (siehe auch exemplarische Vorstellung einiger Materialien).
(GL*: Unterrichtsmaterialien, die besonders für Lernende mit dem Förderschwerpunkt Lernen, geistige Entwicklung und/oder Sprache geeignet sind.)	

Exemplarische Vorstellung einiger Materialien

Ein Anliegen der SINUS-Gruppe war es, auch Material für Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf Lernen, geistige Entwicklung und Sprache zu erstellen. Exemplarisch sollen hier zwei Möglichkeiten vorgestellt werden, die es möglich machen, eine Sicherheitsbelehrung in stark heterogenen Lerngruppen durchzuführen und besonders Lernenden mit den oben genannten Förderbedarfen zu einem Lernzuwachs zu verhelfen. Eine Möglichkeit stellt die Arbeit mit dem Logico-Rahmen dar, eine andere Möglichkeit bietet der Vorlesestift.

Für die Arbeit mit dem Logico-Rahmen (Abbildung 1a) werden speziell erstellte Einlegekarten benötigt. Für die Sicherheitsbelehrung sind drei Einlegekarten angefertigt worden, eine zum Lerninhalt „Sicheres Experimentieren“, eine zu „Sicherheitseinrichtungen im Fachraum“ und eine zum Lerninhalt „Gefahrenpiktogramme“. Die Einlegekarte wird in den Logico-Rahmen geschoben. Dann erfolgt eine Zuordnung farbiger Schiebepunkte zu den Antwortmöglichkeiten (Abbildung 1b). Eine Selbstkontrolle der Antwortmöglichkeiten erfolgt durch Umdrehen der Einlegekarte (Abbildung 1c). Die Einlegekarten können mit dem Programm „Word“ erstellt werden. Auch ein Bearbeiten der Einlegekarte, um eine stärkere Differenzierung zu erreichen, ist möglich. Die Einlegekarte „Sicheres Experimentieren“ kann z. B. durch das Entfernen des Anfangsbuchstabens der Lösung (Abbildung 1b) für ein anderes Lernniveau bereitgestellt werden. Die Lernenden im Anfangsunterricht Chemie aller Lernniveaus arbeiten gerne mit dem Logico-Rahmen, da er aufgrund seiner Gestaltung einen hohen Aufforderungscharakter hat.

Der Einsatz des Vorlesestifts bietet eine weitere Möglichkeit, Sicherheitsbelehrungen in stark heterogenen Lerngruppen durchzuführen. Markierungspunkte, die bei der Bestellung des Vorlesestifts mitgeliefert werden, markieren den Startpunkt der Tonwiedergabe. Wird ein Markierungspunkt z. B. an ein Gefahrenpiktogramm geklebt, kann der Vorlesestift das Aussehen und die Bedeutung des Piktogramms wiedergeben. Der Vorlesestift muss hierzu vorher besprochen werden. Der Einsatz des Vorlesestifts stellt besonders für Lernende

⁷ Die Materialien der Unfallkasse können unter dem folgenden Link abgerufen werden: <https://www.dguv.de/sekundarstufe-i/sicherheit-in-der-schule/verkehrsmittel-im-unterricht/#lehrrmaterialien> [30.06.2020].

mit dem Förderschwerpunkt Sprache eine Hilfe dar. Aber auch für die Förderschwerpunkte Lernen und geistige Entwicklung ist der Vorlesestift eine Lernhilfe.



Abbildung 1: Arbeit mit dem Logico-Rahmen a) Rahmen „Logico Piccolo“, b) Einlegekarte „Sicheres Experimentieren“, c) Selbstkontrolle der Zuordnungen

Ein weiterer Entwicklungsschwerpunkt für die Komplettierung des Methodenkoffers Sicherheitsunterweisung war das Erstellen digitaler Elemente. Als besonders geeignet haben sich die App Biparcours und die spielebasierte Lernplattform Kahoot! erwiesen.

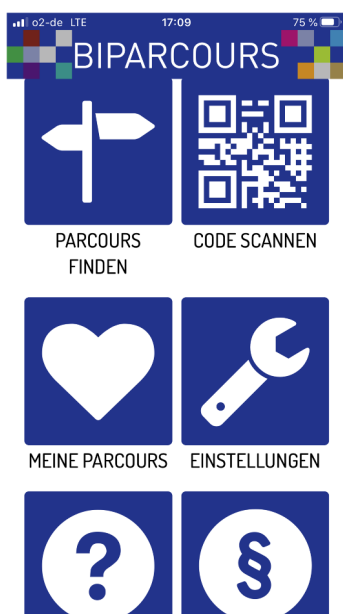


Abbildung 2: App Biparcours

Die App Biparcours (Abbildung 2) wird Schulen kostenlos vom Bildungspartner NRW zur Verfügung gestellt (Bildungspartner NRW). Mit dem Parcours-Creator lassen sich spannende Themenrallyes erstellen.⁸ Die mit der App Biparcours erstellte Labor-Rallye thematisiert Fluchtwege, Verhalten bei Feueralarm, Gefahrenpiktogramme auf Chemikalien, Funktionsweise eines Not-Aus-Schalters, Verhalten beim Experimentieren und Entsorgung von Chemikalien. Aussagen müssen in die richtige Reihenfolge gebracht und Multiple-Choice-Fragen beantwortet werden, eine kurze Videosequenz muss erstellt und anschließend hochgeladen werden. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten im Team und lösen gemeinsam die Aufgaben. Das beste Team kann am Ende zum Sieger gekürt werden und einen kleinen Preis erhalten. Die Lehrkraft hat die Möglichkeit, im Login-Bereich von Biparcours die Antworten der Schülerinnen und Schüler zu prüfen. Gibt es Antworten, die von vielen falsch gelöst wurden? Dann besteht die Möglichkeit, den Lerninhalt im Unterricht noch einmal aufzugreifen und für Klarheit zu sorgen.

Auf der spielebasierten Lernplattform Kahoot! können Fragen und Antworten von der Spielleitung programmiert werden.⁹ Von Vorteil ist es, dass nur die Spielleitung im Login-Bereich von Kahoot! angemeldet sein muss. Die Lernenden erhalten einen Zugangscode und loggen sich mithilfe dieses Codes in der App oder auf kahoot.it mit einem Benutzernamen ein. Ein Kahoot! eignet sich besonders zum Abfragen von bereits erworbenem Wissen. Es kann im Einzel- oder Teammodus gespielt werden. Besonders für heterogene Lerngruppen bietet sich der Teammodus an, da sonst langsamere Lerner kaum eine Chance haben zu gewinnen. Das Kahoot! „Sicher ist sicher –

⁸ <https://biparcours.de/> [30.06.2020].

⁹ <https://kahoot.com/> [30.06.2020].

SINUS“ fragt die Bedeutung der Gefahrenpiktogramme, die Sicherheitseinrichtungen und deren korrekte Benutzung und die Regeln zum Experimentieren ab. Gewinnerinnen und Gewinner stehen am Ende fest und bekommen symbolisch eine Gold-, Silber- oder Bronzemedaille verliehen. Von Vorteil ist es, dass die Lernenden motiviert sind, sich mit den Fachinhalten auseinanderzusetzen, da jeder später bei der Kahoot!-Abfrage gewinnen möchte.

3 Vorstellung des Unterrichtsvorhabens „Jana in den Everglades – Trennverfahren für unterwegs“

Überblick über das Unterrichtsvorhaben

„Jana in den Everglades – Trennverfahren für unterwegs“ ist eine Unterrichtseinheit, die für den Anfangsunterricht Chemie entwickelt wurde und mit der alle relevanten Trennmethoden erarbeitet werden können (siehe Tabelle 2). Sie deckt alle in den Kernlehrplänen für Hauptschule (MSW, 2011a), Realschule (MSW, 2011b), Gesamtschule (MSW, 2011c) und Gymnasium (MSB, 2019) geforderten Kompetenzerwartungen zum inhaltlichen Schwerpunkt Trennverfahren ab und ist durch ein umfassendes Angebot an Differenzierungsmaßnahmen auch für Schülerinnen und Schüler mit Förderschwerpunkt Lernen geeignet. Der besondere Fokus des Vorhabens liegt auf der Entwicklung von Kompetenzen aus dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung, denn alle Experimente werden, nachdem die Lernenden das Problem erkannt und eine geeignete Problemfrage entwickelt haben, von den Lernenden selbstständig geplant, durchgeführt und ausgewertet.

Das Vorhaben umfasst sechs Unterrichtsstunden. Zunächst werden die verschiedenen Trennverfahren nach zunehmender Komplexität erarbeitet. Abschließend müssen die Lernenden ihr Wissen nutzen, um ein Mehrstoffgemisch zielgerecht zu trennen. Dabei sind verschiedene Vorgehensweisen möglich. Erfahrungen in der Praxis zeigen, dass tatsächlich die verschiedenen Schülergruppen auch unterschiedliche Lösungen entwickeln.

Tabelle 2: Übersicht über die verschiedenen Trennverfahren

Einheit	Inhalt	Trennverfahren
1. UE	Das Abenteuer beginnt – Jana und ihre Erbsen! – eigenständige Erarbeitung der Trennverfahren Sortieren und Sieben anhand eines Sand-Zucker-Erbsen-Gemenges	Sortieren/Sieben
2. UE	Augen auf beim Kaffeekauf! – eigenständige Erarbeitung der Trennverfahren Filtrieren, Sedimentieren, Dekantieren	Sedimentieren/ Dekantieren/Filtrieren
3. UE	Invasion der Mücken! – eigenständige Erarbeitung des Trennverfahrens Extraktion am Beispiel der Gewinnung von Orangenöl	Extrahieren
4. UE	Das versalzte Nudelwasser – eigenständige Erarbeitung des Trennverfahrens Eindampfen	Eindampfen
5. UE	Durst! – eigenständige Erarbeitung des Trennverfahrens Destillation	Destillation
6. UE	Missgeschick weitab vom nächsten Supermarkt! – Entwicklung eines Trennungsgangs für ein Salz-Kandiszucker-Sand-Gemisches als Anwendung der bisher erlernten Trennverfahren	Trennung eines komplexen Stoffgemisches

Die verschiedenen Bausteine des Vorhabens wurden in verschiedenen Lerngruppen erprobt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen sind in die Weiterentwicklung der Reihe eingeflossen. Die digitale Version befindet sich zurzeit in der Erprobung.

Darstellung der Grundkonzeption des Unterrichtsvorhabens am Beispiel der Einheit „Das Abenteuer beginnt – Jana und ihre Erbsen“

Alle Einheiten des Unterrichtsvorhabens sind nach dem gleichen Muster aufgebaut und drehen sich um Jana, die in den Everglades unterwegs ist und der ständig Missgeschicke passieren, die sich mithilfe von Trennmethode beheb lassen. Im Folgenden wird die Grundkonzeption des Vorhabens einschließlich der integrierten Differenzierungsmaßnahmen exemplarisch am Beispiel der ersten Unterrichtseinheit „Das Abenteuer beginnt – Jana und ihre Erbsen“ vorgestellt.



Abbildung 3: Janas Rucksack mit ihrer Ausrüstung

Jede Stunde beginnt mit einem Ausschnitt eines Chat-Verlaufs zwischen Jana und ihrer Freundin bzw. ihrem Freund (Abbildung 4), in dem sie von ihrem Missgeschick berichtet und um Hilfe bittet. Anhand dieser Nachricht werden die Lernenden in die Problemstellung eingeführt. Gemeinsam mit der Lerngruppe wird eine Forscherfrage formuliert, deren Lösung Jana helfen soll, ihr Problem zu lösen. Dazu sollen die Schülerinnen und Schüler selbstständig in Gruppen ein Experiment zur entsprechenden Stofftrennung planen. Um sicherzustellen, dass die Lernenden auch zielgerichtet planen, muss vor der Durchführung des Experiments ein Flussdiagramm, das die nötigen Trennschritte

und die daraus resultierenden Ergebnisse enthält, ausgefüllt werden. Als weitere Planungshilfen stehen den Schülerinnen und Schülern unterschiedliche Materialboxen (Profibox oder mitwachsende Box, Tabelle 2) zur Verfügung. Anschließend wird das Experiment nach den eigenen Planungen durchgeführt und ausgewertet. Zum Schluss verfassen die Lernenden in ihren Gruppen eine Antwort an Jana und geben ihr einen Tipp, wie sie ihr Problem lösen kann (Abbildung 5). Da Jana aber kein Chemielabor bei ihrem Ausflug in die Everglades dabei hat, muss der Vorschlag zur Problemlösung mit Materialien aus Janas Rucksack durchführbar sein. Dazu haben die Schülerinnen und Schüler eine Abbildung vom Inhalt des Rucksacks und eine Liste der Dinge, die sie mit sich führt, bekommen (Abbildung 3, Tabelle 3).

Zur Sicherung des Gelernten füllen die Lernenden am Ende jeder Stunde bzw. als Hausaufgabe eine Seite eines Buddy-Books aus, sodass am Ende des Vorhabens jede Schülerin und jeder Schüler einen Überblick über alle Trennmethode in schriftlicher Form vorliegen hat.

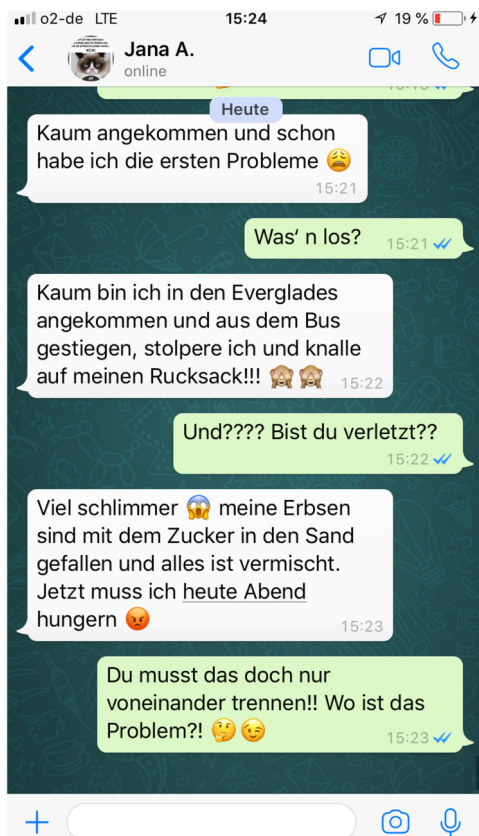


Abbildung 4: Chatverlauf zwischen Jana und ihrer Freundin (Trennverfahren „Sortieren und Sieben“)

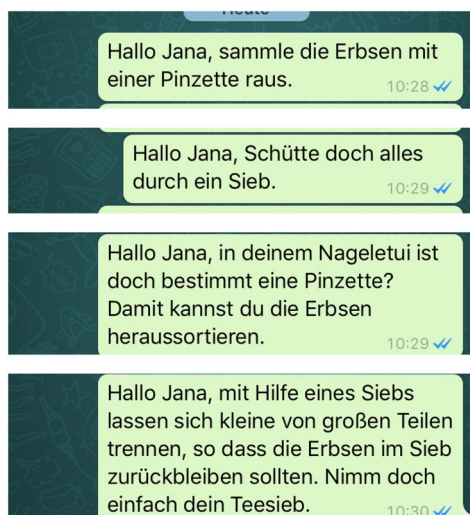


Abbildung 5: Schülerantworten an Jana (Trennverfahren „Sortieren“, „Sieben“)

Differenzierungsbausteine

Damit möglichst alle Lernenden einer heterogenen Lerngruppe selbstständig die Aufgabenstellung erfolgreich bearbeiten können, wurden verschiedene Differenzierungsbausteine für die Planung und Durchführung der Trennungsexperimente entwickelt.

Für die Planung des Experiments stehen den Schülerinnen und Schülern unterschiedliche Materialboxen zur Verfügung. Sie dienen als Strukturierungshilfe und erleichtern die Selbst- und Arbeitsorganisation. Für leistungsschwache Schülerinnen und Schüler und solche mit dem Förderschwerpunkt Lernen sind nur solche Materialien in der Box, die für eine sinnvolle Problemlösung benötigt werden, d. h. diese Schülerinnen und Schüler bekommen zu jeder Trennaufgabe eine eigene Materialbox. Alternativ dazu kann die Box mitwachsen, d. h. es werden jeweils die Materialien, die für die Lösung des neuen Problems gebraucht werden, ergänzt. Leistungsstärkere Lernende dagegen bekommen von Anfang an die sog. Profibox, die schon die Geräte und Chemikalien für alle sechs Trennungsaufgaben enthält (Tabelle 3) und aus denen sie jeweils für ihre Planungen die passenden Materialien auswählen müssen.

Als Ausfüllhilfe für das Flussdiagramm gibt es eine Vorlage (Abbildung 6). Außerdem steht ein Erklärvideo zur Verfügung, in dem am Beispiel der Trennung eines Gemisches aus Eisen und Sand Schritt für Schritt gezeigt wird, wie das Flussdiagramm auszufüllen ist. Zusätzlich können vor allem lernschwache Lernende auf ein fertig ausgefülltes Beispiel zurückgreifen (Abbildung 7).

Tabelle 3: Inhalt der Materialboxen und von Janas Rucksack

Inhalt der Boxen bzw. Janas Rucksack		
Profibox	Wachsende Box (UE 1)	Janas Rucksack
Filterpapier	Sieb	Kaffeefiltertüte
Trichter	Pinzette	Kaffeefilteraufsatz
Pinzette	Löffelspatel	Nageletui
Löffelspatel	mehrere Bechergläser	Löffel
Messer	Schutzbrillen	Messer
Magnet	Flussdiagramm	Gabel
mehrere Bechergläser	Hilfekarten zur Stofftrennung (Sortieren, Sieben)	Magnetverschluss
Teclubrenner		Topf mit Deckel
Erlenmeyerkolben		Teller
Sieb		Tassen
Glasstab		Taschentücher
Glasplatte		Teesieb
Dreibein		Spiegel
Drahtnetz		Trinkflasche
Streichhölzer		Taschenmesser
Tiegelzange		Grillgestell
Schutzbrillen		Grillrost
Behälter mit Wasser (25 ml)		Feuerstein
Öl		Grillzange
Alkohol		Öl
Flussdiagramm		Alkohol zur Wunddesinfektion
Hilfekarten zur Stofftrennung		

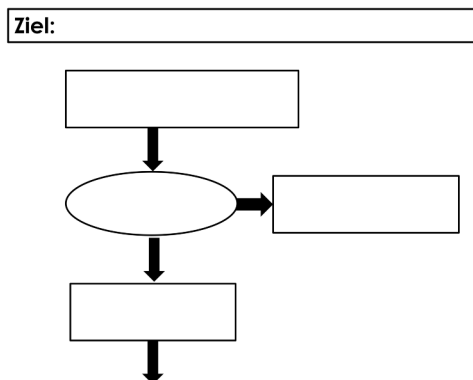


Abbildung 6: Flussdiagramm zur Planung der Stofftrennung

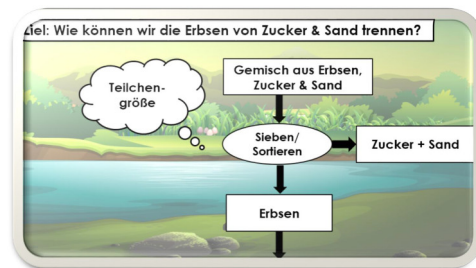


Abbildung 7: Tippkarte bzw. Lösung zum Ausfüllen des Flussdiagramms

Zusätzlich können die Lernenden gestufte Hilfen für die Planung und Durchführung ihres Experiments in Anspruch nehmen. Bei der ersten Hilfe („Überlege dir, welche Materialien du benötigst und welche nicht.“) handelt es sich um eine strategische Hilfe, die vor allem die Lernenden, die die Profibox gewählt haben, anregen soll, sich noch einmal eingehend mit den zur Verfügung gestellten Geräten und Chemikalien zu beschäftigen.

Bei der zweiten Hilfe handelt es sich um einen Satz von Karteikarten, auf denen die verschiedenen Trennverfahren beschrieben sind und die angeben,

welche Stoffeigenschaft ihnen zugrunde liegt (Abbildung 8). Diese Karten helfen, das geeignete Verfahren auszuwählen. Aufbauskizzen zu den verschiedenen Trennverfahren dienen der visuellen Unterstützung und erleichtern die Handlungsplanung beim Experimentieren. Die dritte Hilfe geht noch einen Schritt weiter und macht einen Vorschlag zu den benötigten Materialien (Abbildung 9). Damit ist auch für lernschwache Schülerinnen und Schüler ein möglicher Weg implizit vorgegeben. Für Lernende mit großem Förderbedarf im Bereich der kognitiven Entwicklung steht als letzte mögliche Hilfe eine komplette Versuchsvorschrift, die durch eine Aufbauskizze ergänzt werden kann, zur Verfügung (Abbildung 10).

Die Stoffe bestehen aus unterschiedlich großen Teilchen. Im Sieb befinden sich kleine Löcher. Kleine Teilchen können diese passieren, große bleiben im Sieb zurück.

Sieb,
Becherglas

Abbildung 8: 2. Hilfe (Karteikarte) zum Trennverfahren „Sieden“

Abbildung 9: 3. Hilfe: Materialvorschlag zum Trennverfahren „Sieden“

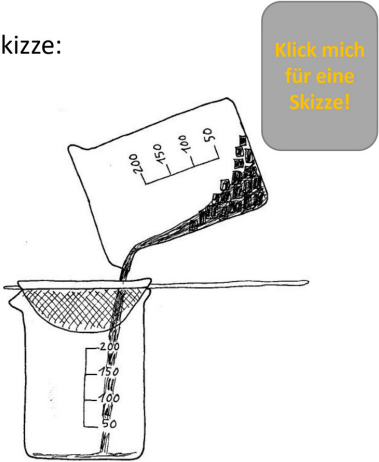
Trennverfahren: *Sieben*

Genutzte Eigenschaft: *Teilchengröße*

Versuchsanleitung:

Setzt das Sieb auf das leere Becherglas. Schüttet euer Gemisch durch das Sieb.

Skizze:



Klick mich für eine Skizze!

Abbildung 10: 4. Hilfe: Versuchsvorschrift mit Aufbauskitze (Beispiel: Trennverfahren „Sieden“)

Die bereitgestellten Materialien lassen sich nach dem Baukastenprinzip für Lernende mit den unterschiedlichsten Lernvoraussetzungen individuell zusammenstellen.

Digitalisierungsmöglichkeiten

Aufgrund der vielfältigen Differenzierungsmöglichkeiten ist der Aufwand zur Vorbereitung des Unterrichtsvorhabens (unterschiedliche Materialkisten, unterschiedliche Sets mit gestuften Hilfen bzw. Hilfen zum Ausfüllen des Fluss-

diagramms, Möglichkeit zum Abspielen des Erklärvideos) für die Lehrkraft sehr groß. Außerdem hat sich bei der praktischen Durchführung gezeigt, dass viele Schülerinnen und Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen gerade bei einer solchen Vielfalt von Hilfsmöglichkeiten mit der Auswahl der geeigneten Hilfen überfordert sind. Deshalb wurde das Unterrichtsvorhaben in Form einer digitalen Lernumgebung mit PowerPoint umgesetzt. Alle Arbeitsmaterialien zur Planung und Durchführung der Experimente, einschließlich der Einstiege in die verschiedenen Trennverfahren, werden den Lernenden digital zur Verfügung gestellt und sind durch Verlinkungen zugänglich. Zentrales Element der Lernumgebung ist eine Checkliste, mit der der Ablauf des Vorgehens transparent dargestellt wird und auf die alle Hilfen immer wieder zurückführen (Abbildung 11). Die Kombination aus digitaler Lernumgebung, Experimentierboxen und gestuften Hilfekarten unterstützt ein mehrkanaliges Lernen, denn diese verbindet visuelle und verbale Informationen und ermöglicht ein handelndes Lernen. Weitere Vorteile der Lernumgebung sind, dass die Lernhilfen von den Schülerinnen und Schülern nach Bedarf über Links einzeln eingesehen werden können (Abbildung 12).

Die Tatsache, dass alle Lernenden nach ihrem Lerntempo arbeiten können, hat aber auch zur Folge, dass nicht mehr alle Schülerinnen und Schüler alle Trennverfahren durchführen können. Hier muss im Rahmen einer weiteren Differenzierungsmaßnahme eine Auswahl getroffen werden, welche der Verfahren von allen Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden müssen und welche zur freien Wahl stehen. Denkbar wäre hier eine Differenzierung nach zieldifferenten (nur die ersten drei Einheiten müssen praktisch durchgeführt werden) und zielgleichen Lernenden (bis auf die sechste müssen alle Einheiten praktisch durchgeführt werden). Da sich die digitale Version des Unterrichtsvorhabens zurzeit in der praktischen Erprobung befindet, kann hierzu noch keine gesicherte Aussage über die Praktikabilität getroffen werden. Ersten Rückmeldungen zufolge ist jedoch der Motivationscharakter sehr hoch.



Abbildung 11: Checkliste für das Vorgehen (Grafik mit Ressource von Freepik.com erstellt)



Abbildung 12: Buttons zu den gestuften Hilfen (Grafik mit Ressource von Freepik.com erstellt)

Um alle Möglichkeiten der PowerPoint-Lernumgebung zu nutzen, benötigt man für die erstellte Präsentation eine Vollversion von PowerPoint. An einer abgespeckten Version (ohne Mouseover und bearbeitbaren Textfeldern) wird zurzeit noch gearbeitet. Eine solche Version hat den Vorteil, dass sie sich mit einem PowerPoint-Viewer bedienen lässt. Außerdem lassen sich die Folien dann problemlos als pdf-Datei unter Erhalt aller Links abspeichern und auf Tablets übertragen, sodass die Lernumgebung ähnlich einem interaktiven E-Book auch von iPads oder vergleichbaren Endgeräten für den unterrichtlichen Einsatz genutzt werden kann. Beide Versionen lassen sich jedoch nur offline nutzen. Außerdem ist PowerPoint in seinen Funktionen stark versionsabhängig, sodass bei Updates Funktionen verloren gehen und z. B. Links wieder neu gesetzt werden müssen. Es ist also sinnvoll, perspektivisch nach einer anderen digitalen Umsetzungsmöglichkeit zu suchen, die browserbasiert und somit für alle beliebigen Endgeräte nutzbar ist. Eine vielversprechende Möglichkeit hierzu bietet tet.folio. Dabei handelt es sich um eine interaktive Lehr- und Lernplattform der Freien Universität Berlin.¹⁰

Mit tet.folio lassen sich digitale Lernumgebungen erstellen, bearbeiten und teilen. Die Inhalte sind personalisiert auf dem Server der Freien Universität Berlin gespeichert. Zum Abrufen benötigt man lediglich einen Browser. Die Lernenden können sich auf der Seite von tet.folio anmelden und die Lernumgebung wie eine Art „E-Book“ nutzen und mit eigenen Anmerkungen unter ihrem Namen abspeichern. Zurzeit werden Umsetzungsmöglichkeiten der Lernumgebung in tet.folio geprüft.

¹⁰ <https://tetfolio.fu-berlin.de/> [30.06.2020].

4 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Perspektiven

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mithilfe umfassender Differenzierungsmaßnahmen die Teilhabe aller Schülerinnen und Schüler am Chemieunterricht gewährleistet werden kann. Praktische Erfahrungen zeigen, dass insbesondere die digitalen Unterrichtsmaterialien ein hohes Motivationspotenzial besitzen. So nutzen die Lernenden, wenn sie Wahlmöglichkeiten haben, bei der Sicherheitsunterweisung bevorzugt die digitalen Unterrichtsbausteine.

Die Umsetzung des Unterrichtsvorhabens zur Stofftrennung in eine digitale Lernumgebung ermöglicht durch die starke Individualisierung des Lernprozesses eine Förderung aller Lernenden auf einem für sie angemessenen Niveau. In Kombination mit den Experimenten unterstützt sie ein mehrkanaliges Lernen und fördert in besonderem Maße das selbstständige und selbstorganisierte Arbeiten.

Wünschenswert wäre die Fortführung des Projekts mit dem Fokus auf der Entwicklung von Unterrichtsbausteinen für höhere Jahrgangsstufen. Spätestens mit der Einführung eines differenzierten Teilchenmodells und darauffolgend der chemischen Bindungen nimmt der Abstraktionsgrad im Chemieunterricht stark zu und stellt vor allem leistungsschwache Lernende vor große Herausforderungen. Um hier für alle Schülerinnen und Schüler die Teilhabe am Unterricht zu gewährleisten, müssen noch weitergehende Möglichkeiten der Individualisierung durchdacht und entwickelt werden, die sich besonders gut durch digitale Lernumgebungen realisieren lassen. Dabei würde die Umsetzung auf browserbasierten Lernplattformen wie z. B. tet.folio die Möglichkeit eröffnen, dass viele Kolleginnen und Kollegen das Material unabhängig von der Art der Endgeräte nutzen und ihren Schülerinnen und Schülern zur individuellen Bearbeitung zur Verfügung stellen könnten.

Aufgrund des exemplarischen Charakters eignen sich die Materialien für den Einsatz in der Lehreraus- und -fortbildung. Besonders der Methodenkoffer „Sicherheitsbelehrung“ stellt auch für erfahrene Lehrkräfte eine Bereicherung dar, da er die Möglichkeit bietet, die immer wiederkehrende Sicherheitsbelehrung abwechslungsreich und dem Leistungsniveau der Lernenden angemessen zu unterrichten.

Literatur

- Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderungen (2017). *Die UN-Behindertenrechtskonvention – Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen*. Bonn: Hausdruckerei BMAS. Verfügbar unter https://www.behindertenbeauftragter.de/SharedDocs/Publikationen/UN_Konvention_deutsch.pdf;jsessionid=1DE3497433B5254306FE3C088938BD54.1_cid345?__blob=publicationFile&v=2 [19.01.2020].
- Bildungspartner NRW. *Biparcours – die Bildungs-App*. Verfügbar unter <https://www.bildungspartner.schulministerium.nrw.de/Bildungspartner/BIPARCOURS/> [20.01.2020].
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (baua) (2008). *Die Einstufung und Kennzeichnung nach Verordnung (EG) Nr. 1272/2008*. Verfügbar unter <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/Poster/GHS-02.html> [20.01.2020].

- Center for Applied Special Technology (CAST) (2011). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*. Wakefield, Ma. Verfügbar unter http://udlguidelines.cast.org/binaries/content/assets/udlguidelines/udlg-v2-o/udlg_full_text_v2-0.doc [19.01.2020].
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). *Sichere Schule – Chemie*. Verfügbar unter <https://www.sichere-schule.de/chemie> [20.01.2020].
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). *Sicherheit in der Schule – Gefahrstoffe im Unterricht*. Verfügbar unter <https://www.dguv-lug.de/sekundarstufe-i/sicherheit-in-der-schule/ Gefahrstoffe-im-unterricht/> [20.01.2020].
- Eisner, W. et. al. (2008). *Elemente Chemie 1A – NRW G8* (Abbildung: Verhalten im Chemieraum, S. 17). Stuttgart: Klett.
- Empfehlung der Kultusministerkonferenz (KMK) (2019). *Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RISU) (Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 14. Juni 2019)*. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf [19.01.2020].
- Herbart, J.-F. (1808). Allgemeine Pädagogik aus dem Zweck der Erziehung abgeleitet. In H. Nohl, E. Weniger & G. Geissler (Hrsg.) (1960): *Kleine pädagogische Texte Heft 25 – Die Pädagogik Herbarts*. Weinheim: Beltz.
- Krause, M., Stuckey, M. & Eilks, I. (2014). Chemie im Beruf – Spielend und multimedial über Berufe mit Chemiebezug lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 25 (140), 13–17.
- Lauer, C. Hanni, der Katastrophenchemiker. Verfügbar unter <http://chemieunterricht.tips/klasse-8.html> [19.01.2020].
- Meyer, A., Rose, D. & Gordon, D. (2014). *Universal design for learning: theory and practice*. Wakefield, MA: CAST Professional Publishing, an imprint of CAST.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2011a). *Kernlehrplan für die Hauptschule*. Lernbereich Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik (Schule in NRW, Heft 3204, 1. Aufl.). Düsseldorf. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/85/NW_HS_KLP.pdf [31.08.2020].
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2011b). *Kernlehrplan für die Realschule*. Chemie (Schule in NRW, Heft 3308, 1. Aufl.). Düsseldorf. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/realschule/KLP_RS_CH.pdf [19.01.2020].
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2011c). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen*. Lernbereich Naturwissenschaften (Schule in NRW, Heft 3108, 2. Aufl.). Düsseldorf. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/130/KLP_GE_NW.pdf [17.01.2020].
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019). *Kernlehrplan für die Gymnasium Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen*. Chemie. (Schule in NRW, Heft 3415, 1. Aufl.). Düsseldorf. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/198/g9_ch_klp_%203415_2019_06_23.pdf [19.01.2020].
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2020). *Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht an allgemeinbildenden Schulen in Nordrhein-Westfalen – RISU-NRW (RdErl. des Ministeriums für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen vom 08.05.2020)*. Düsseldorf. Verfügbar unter https://www.schulministerium.nrw.de/system/files/media/document/file/RISU_NRW_2020%20%28002%29%20komplett.pdf [28.08.2020].
- Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens: Universal Design for Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 61 (3), 270–285.

Unfallkasse Nordrhein-Westfalen (2018). *Gemeinsames Lernen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Unterstützungsmaterial für die den Experimentalunterricht*. Düsseldorf: Lichtenfels. Verfügbar unter https://m.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/praevention_in_nrw/praevention_nrw_75.pdf [19.01.2020].

Projektgruppe

Die Projektgruppe setzt sich aus Lehrerinnen und Lehrern unterschiedlicher Schulformen (Gymnasium, Realschule, Hauptschule und Förderschule mit dem Schwerpunkt körperliche und motorische Entwicklung) zusammen:

Annette Bowman, Käthe-Kollwitz-Gymnasium, Dortmund
Eric Daetermann, Theodor-Körner-Schule, Bochum
Bettina Most, Konrad-Adenauer-Realschule, Hamm, ZfsL Dortmund
Alma Muminovic, Carl-Friedrich-Gauß-Gymnasium, Gelsenkirchen
Sven Sebastian, Theodor-Körner-Schule, Bochum
Jaana Thienenkamp, Heinrich-Bußmann-Schule, Lünen
Nadine Thomas, Anne-Frank-Gymnasium, Halver
Martin Trockel, Gymnasium Letmathe, Iserlohn
Katrín Westerfeld, Hedwig-Dransfeld-Schule – LWL Förderschule, Werl
Petra Wlotzka, Max-Planck-Gymnasium, Dortmund, ZfsL Dortmund

Der besondere Dank der Projektgruppe gilt Frau Prof. Dr. Insa Melle und Herrn Dr. Marcus Kirstein.

Frau Prof. Dr. Insa Melle (TU Dortmund) unterstützte die Gruppe mit Hintergrundinformationen zum Universal Design for Learning (UDL).

Herr Dr. Marcus Kirstein (FU Berlin) unterstützte die Gruppe mit einer Einführung und weiterführenden Hilfen in die interaktive Lern- und Lehrplattform tet.folio.

Lernaufgaben für einen kompetenzorientierten Chemieunterricht in der gymnasialen Oberstufe

Das chemische Gleichgewicht unter der Lupe

ANDREAS BINDL, ANDREAS BÖHM, GREGOR VON BORSTEL, MANFRED EUSTERHOLZ, DAVID WENINGER

Kompetenzorientierung im Chemieunterricht ist kein Selbstläufer. Es bedarf einer sorgfältigen Planung und Übersicht, damit die entscheidenden Kompetenzen im Unterricht entwickelt werden können. Anhand von praxiserprobten Materialien soll beispielhaft gezeigt werden, wie ein solches Vorhaben gelingen kann.

Es werden Lernaufgaben zum chemischen Gleichgewicht, einem Unterrichtsinhalt der Einführungsphase, vorgestellt. Diese sollen dazu dienen, Schlüsselstellen als gelingende Lernsituationen zu gestalten und somit erfolgreichen Unterricht zu ermöglichen. Sie können dabei sowohl als Hilfestellung als auch als Ideengeber für Kolleginnen und Kollegen im Unterrichtsalltag dienen. Didaktisch-methodische Erläuterungen ergänzen die Lernaufgaben genauso wie Klausuraufgaben, Übungen, Diagnosetools und Feedback-Instrumente.

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Motivation für das Projekt

Vor geraumer Zeit ist der Paradigmenwechsel hin zu einer Kompetenzorientierung in Form von Kernlehrplänen vollzogen worden. Die Schulen haben sich in intensiver Fachschaftsarbeit mit der Formulierung schulinterner Lehrpläne befasst.

In der Praxis hat sich allerdings gezeigt, dass aufseiten der Lehrenden gerade bei jungen Kolleginnen und Kollegen und Berufsanfängerinnen und -anfängern ein großer Bedarf an neuen kompetenzorientierten Materialien und Unterrichtsverfahren existiert, die eine umfassende Entwicklung von Kompetenzen bei den Lernenden anleiten und unterstützen. Das Anliegen der Projektgruppe ist es, beispielhafte Module für die Einführungs- und die Qualifikationsphase zu entwickeln, die ein Gerüst für eine langfristige Planung eines kompetenzorientierten Unterrichts darstellen und damit auch eine Arbeitsentlastung für Kolleginnen und Kollegen sein können.

Zielsetzung und methodische Überlegungen

Im Fokus der Vorüberlegungen stehen neben der Einbindung der im Kernlehrplan ausgewiesenen konkretisierten Kompetenzerwartungen auch eine Verschränkung der Kompetenzbereiche und besonders die stärkere Berücksichtigung der übergeordneten Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung.

Beispielhaft formuliert wird dies im Referenzrahmen Schulqualität NRW (MSW, 2015). Dadurch soll ein definiertes Anspruchsniveau erreicht werden, das Grundlage für fundierte Urteile in alltäglichen Entscheidungsprozessen ist.

Zum Erreichen dieser damit verbundenen naturwissenschaftlichen Grundbildung, die auch oft als scientific literacy umschrieben wird (Gräber, Nentwig, Koballa & Evans, 2002), dienen auf schulischer Ebene das Einüben von problemlösendem Denken, die allgemeine Förderung kognitiver Prozesse und das Vermitteln von konzeptionellem Wissen. Natürlich müssen auch fachmethodische Fertigkeiten erreicht werden. Dies wird unterstützt durch einen Unterricht mit experimentellem Schwerpunkt, z. B. durch gefahrenarme und kreative Schülerversuche (Obendrauf, 1996).

Die Entwicklung der Kompetenzen soll dabei von einer stetigen Progression gekennzeichnet sein. Grundkonzepte, wie z. B. das chemische Gleichgewicht, werden spiralcurricular über die gesamte Oberstufe verteilt immer wieder aufgegriffen und in verschiedensten Themengebieten angewendet. Dadurch erfolgt ein sukzessiver Aufbau von miteinander vernetztem Fachwissen und eine Vorbereitung auf die Anforderungen des Abiturs.

Beschreibung von Grundprinzipien und Vorgehensweise

Die erstellten Materialien zielen stets auf die oben beschriebene Kompetenzorientierung ab und ermöglichen den Lernenden den Zugang zu den Lerninhalten auf verschiedenen Abstraktionsebenen mit fachlicher Heterogenität. Die Steuerung des Lernprozesses erfolgt über operationalisierte Aufgaben mit angepassten Lernstufen und Hilfestellungen.

Ein wichtiges Grundelement zum erfolgreichen Einsatz der vorgestellten Materialien sind die fachdidaktischen Erläuterungen bzw. didaktisch-methodischen Hinweise. Sie werden von den Projektgruppenmitgliedern „die Idee dahinter“ genannt und weisen die angestrebten Kompetenzen aus. Sie enthalten den möglichen Ablauf der Lerneinheit, geben Anregungen zur personalen Steuerung sowie zur Verknüpfung der praxiserprobten Materialien und beinhalten damit Hintergrundinformationen für eine erfolgreiche Umsetzung und für das Erreichen der beabsichtigten Lernziele.

„Die Idee dahinter“ kann außerdem mögliche Anknüpfungspunkte für weitere Unterrichtsinhalte, Vernetzungen oder Literaturhinweise für tiefere Recherchen liefern.

Die Module sind Lerneinheiten, die nicht zwangsläufig an den zeitlichen Rahmen einer Unterrichtsstunde gebunden sind und zeigen oft zusätzliche Wege, auch mit Vertiefungen des Unterrichtsstoffes, auf. Ein Teil der Materialien repräsentiert den roten Faden des Gedankengangs und fußt auf den konkretisierten Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans, ein Teil ist aber fakultativ zu sehen. Allein aus Zeitgründen wird man in der Praxis eine eigene Auswahl treffen müssen.

Fokussierung und Einordnung in Hintergründe

Die Autoren beobachten gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen die immer größer werdenden Schwierigkeiten der heutigen Schülerinnen- und Schülergeneration, verschiedene, sich ergänzende fachwissenschaftliche Materialien sinnhaft miteinander zu verknüpfen, Fachzusammenhänge darin zu erkennen und Sachverhalte und Kausalzusammenhänge zu strukturieren und nachvollziehbar und fachsprachlich angemessen zu erläutern.

Hier besteht Handlungsbedarf, weil der Erwerb der beschriebenen Fähigkeiten für eine tiefere Auseinandersetzung mit chemischen Fachinhalten in einer zunehmend komplexeren Welt von entscheidender Bedeutung ist.

Dies ist eine zentrale Aufgabe des Chemieunterrichts, formuliert im Kernlehrplan für die Sekundarstufe II (MSW, 2014, S. 12):

Bei chemischen Untersuchungen spielen sowohl die Beschreibung von Phänomenen in einer exakten Fachsprache, das zielgerichtete Überprüfen von Hypothesen durch Experimente, das kriterien- und theoriegeleitete Argumentieren sowie das ordnende Strukturieren fachwissenschaftlicher Erkenntnisse eine herausgehobene Rolle. Kennzeichnend sind dabei die wechselnde Betrachtung [...] auf der Stoff- und der Teilchenebene und die Verknüpfung dieser beiden Ebenen zur Erklärung von Phänomenen, Sachverhalten, Konzepten und Gesetzmäßigkeiten der Chemie.

Ob die Schülerinnen und Schüler das Erfassen, Beschreiben, Quantifizieren und Erklären chemischer Phänomene intensivieren und dabei ihre Modellvorstellungen sowie Modellbildungsprozesse präzisieren und erweitern, manifestiert sich in der Oberstufe auf dem Weg zum Abitur vor allem in einem zunehmend sicheren materialbasierten Erläutern, bei dem experimentelle Befunde, z. B. mit Textdarstellungen, Tabellen, Diagrammen, Schemadarstellungen oder Darstellungen auf Teilchenebene, wechselseitig in Zusammenhang gebracht werden.

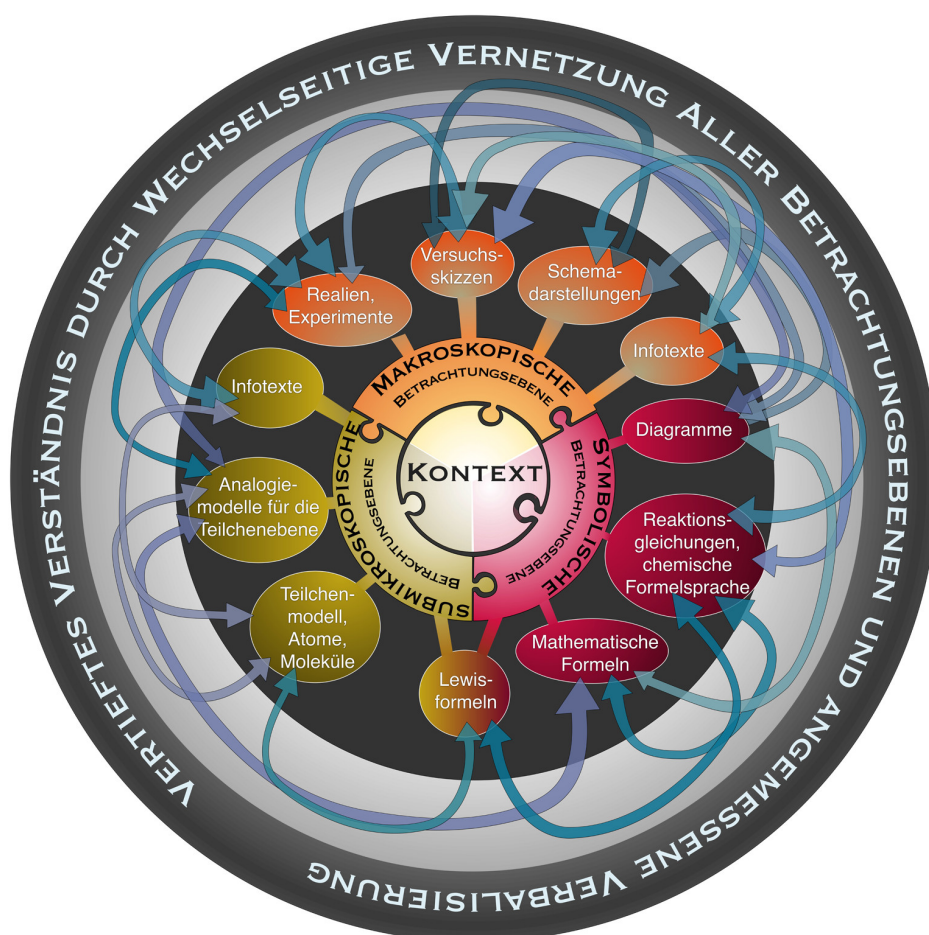


Abbildung 1: Betrachtungs- und verschieden abstrakte Darstellungsebenen im Chemieunterricht¹

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an die Vereinigung von Betrachtungsebenen nach Johnstone und möglichen Darstellungsformen wie unter <http://www.sprachsensiblerfachunterricht.de/prinzipien> [21.07.2020].

In der unterrichtlichen Heranführung an Fachinhalte bedarf es aller Betrachtungsebenen sowohl im Kontinuum als auch im Diskontinuum. Dabei ist im Chemieunterricht der ständige Wechsel zwischen den verschiedenen Betrachtungs- und damit auch Abstraktionsebenen eine besondere Herausforderung (siehe Abbildung 1). Jede Abstraktionsebene arbeitet mit einer eigenen „Sprache“, die es zu erkennen und zu verstehen gilt, damit die verschiedenen Betrachtungsebenen miteinander verknüpft und Fachzusammenhänge korrekt verbalisiert werden können.

Nicht nur Berufsanfängerinnen und -anfänger, sondern auch erfahrene Kolleginnen und Kollegen finden im Folgenden Anregungen für eine Verknüpfung und Vernetzung der Anschauungs- und Sprachebenen, sodass ihre Lernenden nicht zu früh z. B. mit der reinen mathematischen Abstraktion überfordert werden.

2 Exemplarische Dokumentation von Materialien: Begründung der Auswahl der Materialentwicklung

Ziel dieses Projekts soll es u. a. sein, exemplarisch aufzuzeigen, wie man einen kontinuierlich kompetenzorientierten Chemieunterricht in der Sekundarstufe II planen und durchführen kann, der die Schülerinnen und Schüler zum einen zur eigenständigen Erläuterung und Bewertung chemischer Zusammenhänge befähigt und zum anderen eine wechselseitige Verknüpfung von Kontexten, realer Anschauung, Experimenten im Kontinuum und deren modellhafter Erläuterung auf submikroskopischer Teilchenebene bis hin zur mathematischen Abstraktion trainiert.

Als Beispiel wurde ein Thema gewählt, das als eine zentrale Schlüsselstelle des Chemie-Oberstufenunterrichts angesehen werden kann: die Beeinflussung der Lage von chemischen Gleichgewichten durch Druck-, Temperatur- oder Konzentrationsänderungen, regelhaft formuliert im Prinzip von Le Chatelier. Da dieses immer wieder in Argumentationszusammenhängen auftaucht, z. B. in der aktuellen Klimadiskussion oder bei der Erklärung der Verschiebung von Säure-Base- und Redox-Gleichgewichten, können die erworbenen Kompetenzen bei der Thematisierung anderer Kontexte erfolgreich genutzt und gefestigt werden.

Darstellung und Dokumentation prototypischer Materialien

Die materiale Umsetzung für die ausgewählte Unterrichtssequenz zum Prinzip von Le Chatelier, ausgehend vom Inhaltsfeld 1 „Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“ umfasst Modelle, Experimente, Lernaufgaben und Diagnosetools wie Concept-Cartoons, Ampelabfrage, Quiz und Übungen. Darüber hinaus gibt es Beispielklausuren inklusive Musterlösungen und Instrumente für die Implementation einer Feedbackkultur.

Der Kompetenzbereich der Kommunikation findet seine Ausschärfung vor allem in der Bildung von Argumentationsketten zum Aufstellen von Hypothesen und zur Darstellung von Kausalitäten und nicht zuletzt in der gesprächsorientierten Unterrichtsmethode einer Talkshow.

Eine eigens erstellte Analogie, „die Bälleschlacht“, dient bei der Auswertung von Experimenten im Bereich der Erkenntnisgewinnung als eine weitere Darstellungsebene für eine schrittweise abstraktere Verknüpfung der makroskopischen und symbolischen Betrachtungsebene.

Der Bereich der Bewertung erfährt eine besondere Berücksichtigung in den Lernaufgaben, z. B. bei der Beurteilung der Auswirkungen von Eingriffen in den Kohlenstoffkreislauf.

Kompetenzen aus allen Kompetenzbereichen werden zunächst im Kontext der Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser angelegt. Darüber hinaus können sie in zahlreichen anderen Inhalten und Kontexten angewandt und weiterentwickelt werden.

Die folgende Abbildung stellt eine Übersicht zur möglichen Reihenplanung dar:

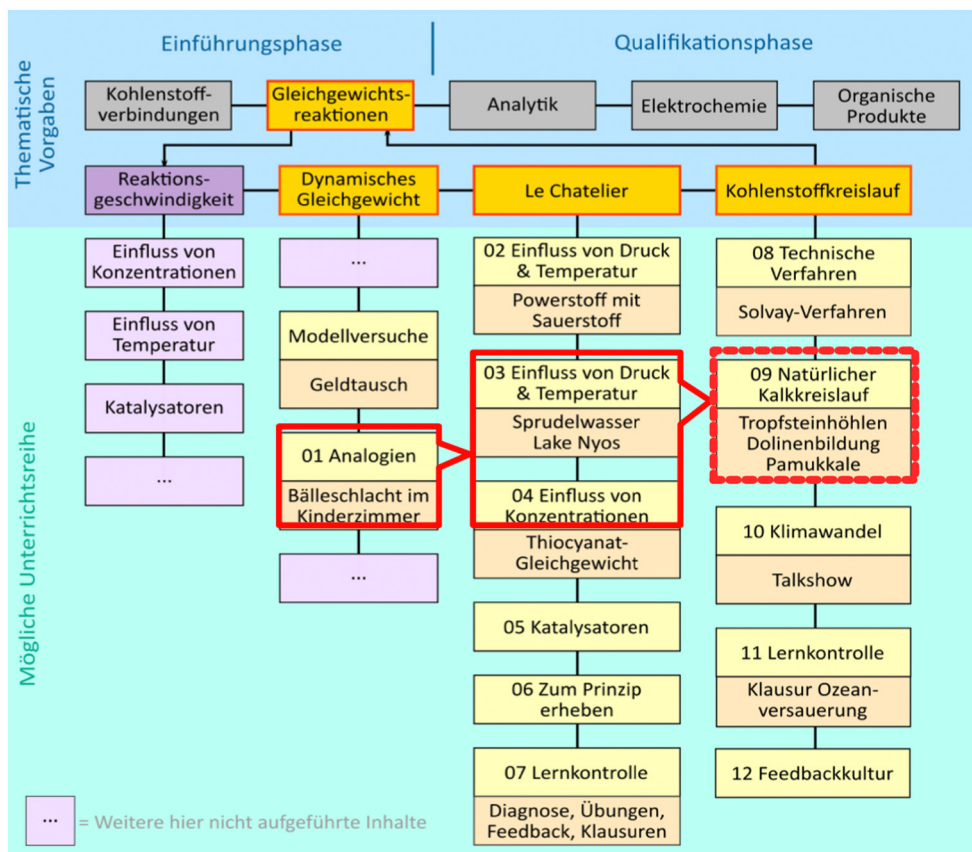


Abbildung 2: Übersicht über Sequenzen und Materialien für die EF²

Erläuterungen zum Verständnis und zum Einsatz des Materials

Im Folgenden sollen prototypisch einige Materialien zur Einführung und Vernetzung des Prinzips von Le Chatelier in der Einführungsphase vorgestellt werden.

Das Wissen um die Möglichkeit der Veränderung eines Gleichgewichtszustands schließt unmittelbar an die Erarbeitung der Reaktionsgeschwindigkeit und des chemischen Gleichgewichts an und findet seine erneute Anwendung im Verständnis des Kohlenstoffkreislaufs und des Klimawandels.

Als Lernvoraussetzung wurden im Vorfeld, mit Bezug auf den Kernlehrplan, die Einflüsse von Temperatur, Eduktkonzentration oder Zerteilungsgrad auf die Reaktionsgeschwindigkeit unter Verwendung einfacher Modelle erklärt.

Aufbauend darauf wurde ein neues Verständnis reversibler chemischer Reaktionen als Hin- und Rückreaktion geschaffen und erweiternd das chemische

Gleichgewicht als dynamischer Zustand erfasst, in dem Hin- und Rückreaktion gleich schnell ablaufen. Ein in der Fachdidaktik häufig benannter Stolperstein ist in diesem Zusammenhang die Vorstellung eines Stillstandes im Gleichgewicht (Heeg, Steinich & Hundertmark, 2018). Um diese Fehlvorstellung von einem statischen Gleichgewicht nicht entstehen zu lassen, hat sich die Thematisierung der berühmten Holzapfelschlacht als Analogie bewährt (Dickerson & Geis, 1983). Im Folgenden wird sie in Form einer „Bälleschlacht im Kinderzimmer“ (siehe Abbildung 3) aufgegriffen und zu einem tragfähigen Modell für die gesamte Sequenz weiterentwickelt, sodass auch äußere Einflüsse auf die Reaktionsgeschwindigkeiten und die Gleichgewichtslage damit veranschaulicht werden können.

Bälleschlacht im Kinderzimmer

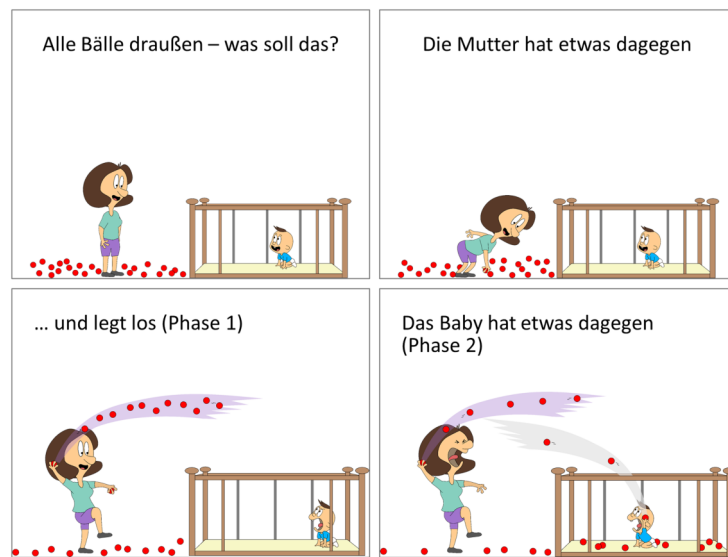


Abbildung 3: Mama vs. Baby – Ausgangslage der Bälleschlacht im Kinderzimmer

Die Quantifizierung mündet schließlich in der mathematischen Abstraktion des Massenwirkungsgesetzes (siehe Abbildung 4).

Quantifizierung der Bälleschlacht im Kinderzimmer

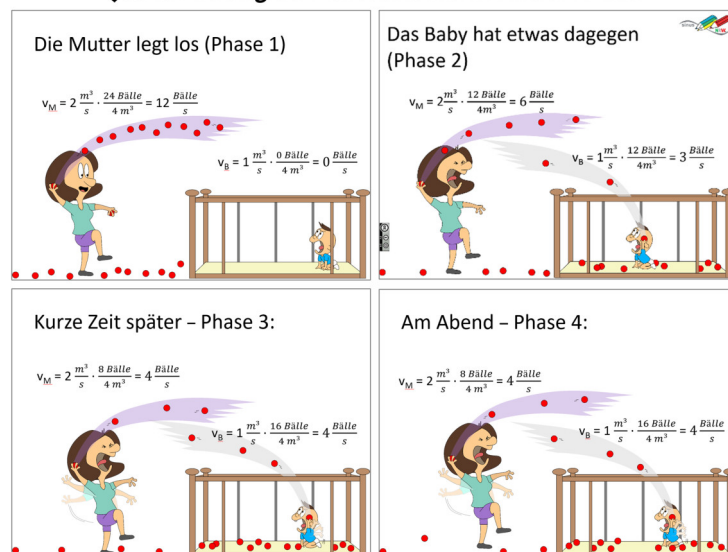


Abbildung 4: Modellierte Quantifizierung eines dynamischen Gleichgewichts als Basis des Massenwirkungsgesetzes

Zur anschließenden Einführung des Prinzips von Le Chatelier haben sich gefahrenarme Experimente mit Sauerstoff (von Borstel & Böhm, 2006a) und vor allem Kohlenstoffdioxid (von Borstel & Böhm, 2006b) besonders bewährt, mit denen seit langer Zeit Versuche z. B. mit toxischen Stickoxiden ersetzt werden. Die dafür verwendete Spritzentechnik (von Borstel, Eusterholz & Böhm, 2017) ermöglicht in den Händen der Schülerinnen und Schüler mit einigen Vorgaben gut zu beobachtende, reproduzierbare Ergebnisse.

Neu ist die Einbettung der bewährten Experimente in kontextuale Lernaufgaben unter Berücksichtigung der o. g. Betrachtungs- und verschiedenen abstrakten Darstellungsebenen und die Erweiterung u. a. um die Modellierungsebene der Bälleschlacht.

Der Einsatz dieser Lernaufgaben ermöglicht die Schaffung einer umfangreichen Lernumgebung, die im Sinne von Leisen der Kompetenzentwicklung dient und den Lernprozess durch eine Folge von gestuften Aufgabenstellungen mit entsprechenden Lernmaterialien steuert (Leisen, 2010). Die Befürchtung, dass das auf den ersten Blick sehr umfangreiche Material einer Lernaufgabe die Schülerinnen und Schüler überfordert, hat sich beim mehrmaligen Einsatz im Unterricht nicht bestätigt. Vielmehr dient die gesamte Lernaufgabe sukzessive dem Durchschreiten aller Abstraktions- und Betrachtungsebenen und führt letztlich zu der von den Projektmitgliedern intendierten Erstellung von nachvollziehbar strukturierten Argumentationsketten.

Die Einführung des Prinzips von Le Chatelier in der Einführungsphase ist u. a. mit folgenden konkretisierten Kompetenzerwartungen verknüpft, dargelegt im Kernlehrplan für die Sekundarstufe II, Chemie (MSW, 2014, S. 24f.):

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern an ausgewählten Reaktionen die Beeinflussung der Gleichgewichtslage durch eine Konzentrationsänderung (bzw. Stoffmengenänderung), Temperaturänderung [...] und Druckänderung (bzw. Volumenänderung) (UF3), [...]
- beschreiben und erläutern das chemische Gleichgewicht mithilfe von Modellen (E6), [...]
- dokumentieren Experimente in angemessener Fachsprache (u. a. [...] zur Einstellung eines chemischen Gleichgewichts, zu Stoffen und Reaktionen eines natürlichen Kreislaufes) (K1) [...].

Die mehrere Schulstunden umfassende Sequenz kann in ihrer Gesamtheit dem Basismodell „Konzeptbilden“ nach Oser zugeordnet werden (Krabbe, Zander & Fischer, 2015). Der zu durchlaufende Lernprozess lässt sich in verschiedene Handlungsschritte gliedern:

1. Die Untersuchung des Parameters Temperatur beinhaltet das Durcharbeiten eines prototypischen Gedankengangs.
2. Die anschließenden Untersuchungen zum Einfluss des Drucks stellen einen aktiven Umgang mit dem Konzept der Verschiebung von Gleichgewichten dar.
3. Alle folgenden Materialien ermöglichen eine Anwendung dieses Konzepts in anderen Kontexten und trainieren das Vernetzen verschiedenster Materialien und das Verbalisieren der Kausalzusammenhänge.

Die materiale Grundlage bilden die im Folgenden skizzierten Lernaufgaben, mit deren Hilfe die Schülerinnen und Schüler den Einfluss einer Temperatur- und einer Druckveränderung auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Was-

ser untersuchen und erläutern.³ Der Einfluss der genannten Parameter sowie die Experimentiertechnik kann optional auch über die Löslichkeit von Sauerstoff und die Bewertung von Werbeaussagen angebahnt werden.

Das hierbei bewusst eingeführte Kohlenstoffdioxid-Hydrogencarbonat-Gleichgewicht ist mit Blick auf eine spätere Vernetzung im Bereich natürlicher Kreisläufe und Klimaveränderungen von besonderer Relevanz.

Zum besseren Verständnis sollen exemplarisch einzelne Materialien und Aufgaben aus der gesamten Lernaufgabe für die Durcharbeitung eines Prototyps den von Leisen (2010) beschriebenen Schritten des Lernprozesses zugeordnet und hinsichtlich ihrer Funktionalität erklärt werden.

Der Prototyp: Einfluss der Veränderung der Temperatur auf das chemische Gleichgewicht

Ausgehend von verschiedenen stark carbonatisierten Wässern (still, classic) oder auch der Vorführung eines Sodastreamers wird basierend auf den Reaktionsgleichungen zum Ankommen im Lernkontext offenbar gemacht, was bei Zugabe von Kohlenstoffdioxid in Wasser passiert. Die Zugabe des Indikators unterstützt das Verständnis der Abläufe.

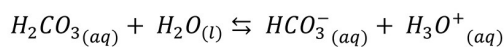
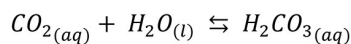
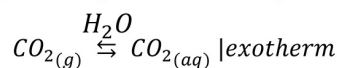
Daraus entwickelt sich die Problemstellung, wie verschiedene „Gleichgewichtslagen“ erreicht werden können.

In Material 1 der Lernaufgabe werden der Kontext, das Vorwissen, die Problemstellung und die antizipierten Hypothesen mitsamt Reaktionsgleichungen sowie Massenwirkungsgesetz noch einmal zusammengefasst.

Das Material dient zugleich der späteren Erläuterung der ausgeübten Störung auf ein bestehendes Gleichgewicht sowie der nachfolgenden Neueinstellung des Gleichgewichts.

M1 – Informationen zur Kohlensäure

Natürliches Mineralwasser enthält ebenso wie „selbstgemachtes“ Sprudelwasser Kohlensäure ($\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$), die ihrerseits durch Lösen von Kohlenstoffdioxid (CO_2) in Wasser gemäß folgender Reaktionsgleichungen entsteht:



$$K_1 = \frac{c(\text{CO}_{2(aq)})}{c(\text{CO}_{2(g)})} \quad K_2 = \frac{c(\text{H}_2\text{CO}_{3(aq)})}{c(\text{CO}_{2(aq)}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})} \quad K_3 = \frac{c(\text{HCO}_3^-(aq)) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+(aq))}{c(\text{H}_2\text{CO}_{3(aq)}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}$$

Im Folgenden soll untersucht werden, ob der Druck und die Temperatur einen Einfluss auf die Menge an gelöstem Kohlenstoffdioxid und somit auch auf die Kohlensäuremenge in der Lösung haben (siehe auch [Downloadmöglichkeit](#) und [Links zum Web-Auftritt](#)).



Bild frei verfügbar unter Wikimedia Commons.

Material 1: Problemstellung und antizipierte Hypothesen als Grundlage der späteren Erläuterung

Die Aufgaben A1 und A2 strukturieren die Bearbeitung der Lernmaterialien und die Erstellung eines ersten Lernprodukts. A3 ist eine sinnvolle Vernetzung auf dem Weg zur Verallgemeinerung der dabei gewonnenen Erkenntnisse, wenn zuvor die Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser behandelt wurde.

³ Zur Downloadmöglichkeit siehe Links zum Web-Auftritt.

⁴ Siehe auch Downloadmöglichkeit und Links zum Web-Auftritt.

Aufgaben

- A1 **Führen** Sie V1 wie beschrieben **durch**, notieren Sie Ihre Beobachtung und Messergebnisse.
- A2 **Werten** Sie den Versuch jeweils hinsichtlich der Versuchsüberschrift **aus**. (*Die Untersuchung zeigt, dass ..., die Hypothese ... konnte damit ..., verallgemeinernd lässt sich festhalten: je ..., desto ...*)
- A3 **Nehmen** Sie auch hier noch einmal **vergleichend Rückbezug** auf die Herstellung von Active O₂ und **erläutern** Sie die dort dargestellten Maßnahmen des Herstellers.

Material 2: Aufgabenstellung für die sukzessive Bearbeitung

Erfahrungsgemäß sind die Experimente zum Einfluss der Temperatur in ihrer Durchführung leichter zu verstehen als die zum Einfluss des Drucks. Dies kann als Argument dafür dienen, dass die Lehrperson die Reihenfolge der Untersuchungen wie in A1 festlegt und eine Versuchsvorschrift V1 wie folgt vorgibt:

V1 – Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der Wasserlöslichkeit von CO₂

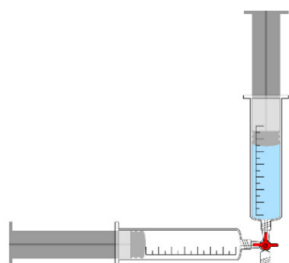
Material

- Schutzbrille
- 2 Spritzen (50 mL)
- 1 Dreiwegehahn
- Schaumstoffisolierung

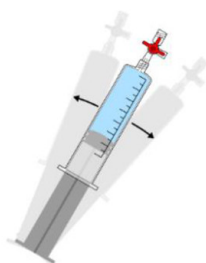
Chemikalien

- abgekochtes Wasser mit drei verschiedenen Temperaturen (ca. 4 °C, ca. 25 °C, ca. 50 °C)
- Kohlenstoffdioxid
- ggf. Mischindikator Nr. 5

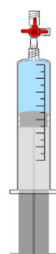
Entsorgung: über den Abguss



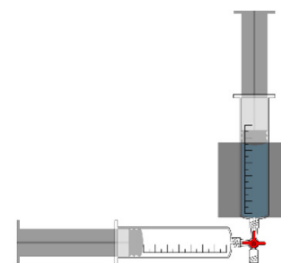
Eine Spritze wird mit 25 mL Wasser (Raumtemperatur) befüllt, die andere mit 30 mL Kohlenstoffdioxid. Über den Dreiwegehahn wird das Gas zum Wasser gegeben. Der Hahn wird verschlossen und die leere Spritze wird abgeschraubt.



Durch vorsichtiges Schütteln wird das Gas nach und nach im Wasser gelöst.



Zum Ablesen des restlichen Gasvolumens wird die Spritze immer auf ihren Stempel gestellt. Bleibt das Gasvolumen unverändert, wird ermittelt, wie viel Milliliter CO₂ sich in 25 mL Wasser gelöst haben.



Der Versuch wird einmal mit deutlich kälterem oder deutlich wärmerem Wasser wiederholt. Dazu wird die Spritze **vorab mit einer Wärmeisolierung** überzogen, damit sich die Wassertemperatur während des Versuchs möglichst wenig verändert.

Material 3: Versuchsanleitung V1 zur Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in verschieden warmem Wasser

Alternativ wäre ein freierer Ansatz, in dem Schülerinnen und Schüler beispielsweise die Experimente zum Einfluss der Temperatur selbst planen, möglich.

Schon der Kontext und die Experimente ermöglichen ein Erkennen der Beeinflussung eines Gleichgewichts durch den Parameter Temperatur und die Verknüpfung mit den Reaktionsgleichungen und dem Massenwirkungsgesetz.

Diese Zusammenhänge können daraufhin zunächst präsentiert, anschließend diskutiert und gesichert werden.

Gemäß den oben dargestellten Grundprinzipien sollen aber möglichst alle Betrachtungsebenen angesprochen und genutzt werden.

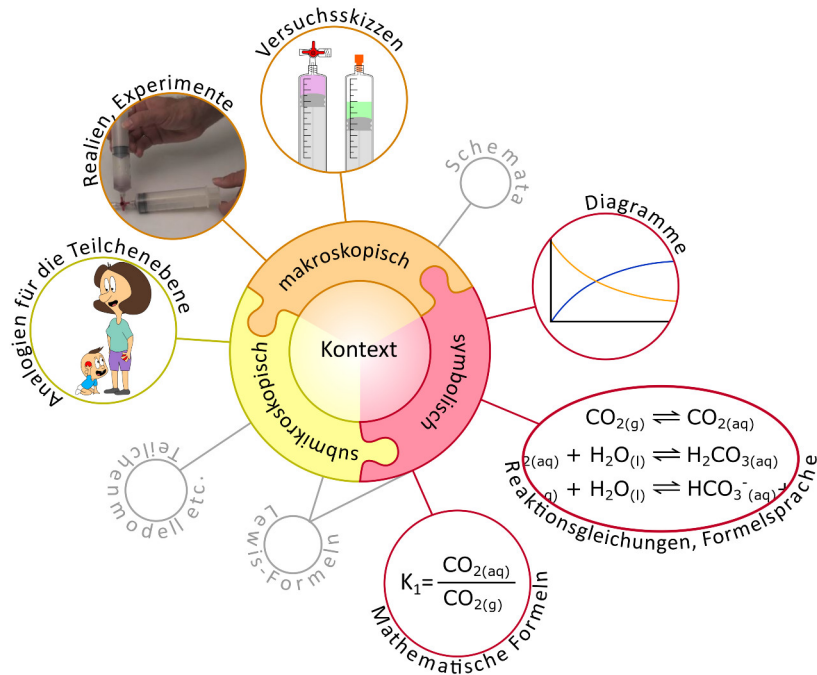


Abbildung 5: Betrachtungs- und verschieden abstrakte Darstellungsebenen für das Beispiel konkretisiert

Ergründet man folglich die Zusammenhänge zusätzlich in Form einer Analogie auf der Teilchenebene, lässt sich damit bei vielen Schülerinnen und Schülern ein vertieftes Verständnis herbeiführen. Diese noch fehlende Betrachtungsebene kann eine Modellierung in Form der bekannten Bälleschlacht⁵ mit veränderten Parametern infolge der Temperaturveränderung liefern. Sie ermöglicht ein Erläutern der Vorgänge im Diskontinuum und zeigt letztlich, dass sich im Massenwirkungsgesetz zunächst die Massenwirkungskonstante K verändert und sich auf diese „Störung“ folgend der Massenwirkungsquotient Q anpasst.

Aktiver Umgang mit dem Konzept: Einfluss der Veränderung des Drucks auf das chemische Gleichgewicht

Analog können Lernende nachfolgend den Einfluss des Drucks untersuchen und erläutern. Die dann bereits bekannte Vorgehensweise sollte so auf einen weiteren Sachverhalt angewendet und verinnerlicht werden, um später eine Vernetzung verschiedener Blickwinkel zu ermöglichen.

Um dies zu erreichen, sind die nachfolgenden Materialien ähnlich wie die vorherigen gestaltet.

Die Erfahrungen der Projektmitglieder zeigen, dass auch hier eine offene Versuchsplanung durch die Lernenden prinzipiell möglich ist. Die experimentelle Bestätigung der Druckabhängigkeit der Löslichkeit hängt in diesem Experiment aber davon ab, dass ein genügend großer Unterdruck auf eine gesättigte

Lösung ausgeübt wird. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler in Unkenntnis der exakten Vorgehensweise mitunter unwissend falsch negative Ergebnisse erhielten. Um dies zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Versuchsdurchführung detailliert vorzugeben.

Die Modellierung in Form der Bälleschlacht, in welcher nun der von der Mutter verteidigte Raum vergrößert wird, vertieft nicht nur erneut das Verstehen. Sie stellt zudem eine eigene Herausforderung an die Lernenden dar, wenn sie die Analogie komplett durchdenken und erklären sollen und bei der vergleichenden Zuordnung sowohl passende als auch weniger passende Aspekte herausstellen.

Anwendung des Konzepts: die Katastrophe am Lake Nyos; Druck- und Konzentrationsänderungen

Den Abschluss dieser Einheit stellt eine materialbasierte Aufgabe zur „Katastrophe am Lake Nyos“ dar. Fachlich schließen die Materialien unmittelbar an die zuvor behandelten Gleichgewichtsverschiebungen an und erweitern gleichzeitig den Horizont mit neuen Aspekten wie der Abhängigkeit des Drucks von der Wassertiefe.

M1 – Hintergrundinformationen
 Die Katastrophe am Lake Nyos in Kamerun, der einen Vulkankrater ausfüllt, welcher in etwa 1000 m Höhe liegt. Der Lake Nyos ist ein See in Kamerun, der einen Vulkankrater ausfüllt, welcher in etwa 1000 m Höhe liegt. Der See ist etwa 200 m tief und weist eine Besonderheit auf. Am Grund des Kraters entwickelt ständig CO₂ aus dem Boden und löst sich im Tiefwasser des Sees. Das CO₂ im vulkanischen Umgebung und nimmt an einer Magnesiumkammer unter dem See. Außerdem steigt der Boden des Sees ständig Wärme ab, wodurch die Tiefwasser geringfügig wärmer ist (ca. 25 °C) als die darüberliegenden Wasserschichten. Trotz der etwas höheren Temperatur hat das Tiefwasser eine abnormale hohe Konzentration von CO₂ und von anderen gelösten Stoffen, die bei der Zerstörung von abnormale hohen Konzentrationen von CO₂ entstehen, eine größere Dichte als die darüberliegende. Dieser jahreszeitlich bedingte Temperaturunterschieden des Oberflächenniveaus gibt es wegen des tropischen Klimas kaum.

M2 – Überwachung der CO₂-Konzentration in verschiedenen Wassertiefen des Lake Nyos
 Seit der Katastrophe vom August 1986 wird der Lake Nyos See aufkommen beobachtet, unter anderem wird der CO₂-Gehalt in verschiedenen Wassertiefen regelmäßig kontrolliert. Die unterschiedlichen Druck- und Konzentrationsverhältnisse, die auf die im Wasser des Lake Nyos befindlichen CO₂-Mengen von entscheidender Bedeutung sind, sind in Abb. 2.1 veranschaulicht. Temperatur- und pH-Wertmessungen können vernachlässigt werden. Die Messung erfolgt durch das Öffnen der Wasserprobe und der auf die Atmosphäre abgeben. (Die durch gelbe Pfeile eingezeichnete Luft ist für die Messung geeignet.)

M3 – Engpass des Tiefenwassers im Lake Nyos
 Seit dem Frühjahr 2002 wird das Tiefwasser des Lake Nyos permanent entgast. Die Funktionsweise der engpassartigen Anlage Abb. 3.1. Zunächst wurde Tiefwasser mit Hilfe einer Saugpumpe (P) durch ein Rohr nach oben gepumpt (1). Während der Bewegung nach oben lagern die Wasser mit selbst weiter überhöhten nach oben zu schichten (2). Die Pumpe wurde dann nicht mehr benötigt.

Datum der Messung	162,8 m	192,8 m	202,8 m
April 1992	154,6	228,6	312,133
April 1994	175,5	262,6	349,2
November 1999	212,6	241,6	349,2
Januar 2001	206,4	375,6	361,6
Januar 2002	205,1	302,1	351,6
Januar 2003	181,2	302,1	341,6
Januar 2004	181,2	353,7	361,6

Abbildung 6: Material zur Lernaufgabe „Die Katastrophe am Lake Nyos“⁶

Mit dieser Aufgabe lässt sich die schon weiter oben angesprochene Fähigkeit, verschiedenste Materialien sinnhaft miteinander zu verknüpfen und Sachzusammenhänge sprachlich angemessen darzustellen, trainieren und verbessern. Die Lernenden müssen Texte auswerten, Kurvendiagramme interpretieren und mit tabellarischen Werten und Schemadarstellungen in Verbindung setzen. Auf diese Weise können die Sachverhalte, die zur Katastrophe führten, schlüssig erläutert und die danach ergriffenen Gegenmaßnahmen erklärt und beurteilt werden.

Methodisch sind die Kausalzusammenhänge zwischen den verschiedenen Materialien in Form einer Argumentationskette zu formulieren und klar darzustellen. Hierbei müssen die Schülerinnen und Schüler die wechselseitig interdependierenden Einzelprozesse herausstellen und in eine Reihenfolge bringen, um schließlich Ursache und Wirkung argumentativ sinnvoll zu erläutern.

6 Zur Downloadmöglichkeit siehe Links zum Web-Auftritt.

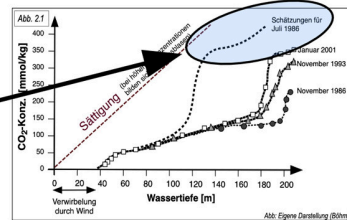
Argumentationskette zur Erklärung des Lake-Nyos-Desasters

Ausgangssituation (Sommer 1986)

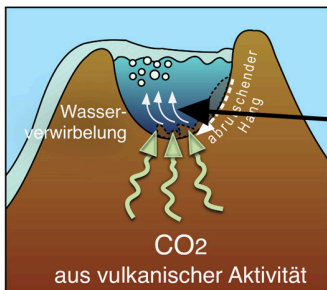
Im Verlaufe von Jahrzehnten diffundierte reines CO₂ aus dem Boden ins Tiefenwasser des Sees. Wegen hoher CO₂-Konz. Verschiebung der Gleichgewichte 1 und 2 auf die Produktseite.

Wegen des großen Drucks durch das darüberliegende Wasser (Abb. 2.1) lässt sich sehr viel CO₂ im Tiefenwasser lösen (Lösungsgleichgewicht auf der Seite mit weniger gasförmigen Teilchen)

Im Sommer 1986 sehr hohe CO₂-Konz. im Tiefenwasser (rel. nah an der Sättigungskonzentration)



Prozesse, die zum Lake-Nyos-Desaster führten



Erdbeben im Innern des Kraters

Lautes Grummeln

Wasser vom Seegrund wird nach oben geschoben.

Wasser ist in geringerer Tiefe geringerem Druck ausgesetzt (Abb.2.1).

Löslichkeit von CO₂ in Wasser nimmt ab, da Lösungsgleichgewicht auf die Eduktseite verschoben wird (die Seite mit mehr gasförmigen Teilchen).

Im nach oben gedrückten Wasser entstehen Gasblasen, da die Sättigung in geringerer Tiefe überschritten ist.

Gasblasen bewegen sich wegen geringerer Dichte nach oben. Dabei nimmt Druck ab, wodurch sich die Gasblasen noch ausdehnen.

Blubbern

Zusätzliche Wasserverwirbelungen, die weiteres Tiefenwasser mit nach oben ziehen, wodurch weitere Gasblasen entstehen usw.

Massen von Gasblasen schießen an die Wasseroberfläche und erzeugen eine riesige Fontäne und eine Wolke aus zerstäubtem Wasser.

Fontäne, weiße Wolke

Entweichendes Kohlendioxid verteilt sich wegen der größeren Dichte als Luft auf dem Boden in der Nähe des Berges und verdrängt dort die Luft. Lebewesen ersticken.

Das hochgeschleuderte Tiefenwasser enthält auch Sedimentanteile; diese landen letztendlich im Oberflächenwasser.

Oberflächenwasser bräunlich

Abbildung 7: Eine mögliche Argumentationskette

Diese Leistung wird in vielen Klausuren eingefordert, wenn die Lernenden einen Sachverhalt materialbasiert erläutern sollen. Gerade deshalb sollte dies zu Beginn der Oberstufe im Unterricht eingeübt werden. Erfahrungsgemäß müssen Anfänger dabei zunächst an die wissenschaftliche Vorgehensweise herangeführt werden, zentrale Aussagen durch konkrete Bezüge zum Datenmaterial zu belegen. Eine Stärke der Methode liegt darin, dass nach dem Erstellen der Grundstruktur der Argumentationskette Ergänzungen mit allen im Plenum diskutiert werden können.

Obwohl der Einfluss der Änderungen von Konzentrationen auf das Gleichgewicht bereits bei der Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid immanent eine Rolle spielt, kann es sich lohnen, diesen Aspekt vertiefend am etablierten Versuch mit Eisenthio-cyanat zu betrachten.

Hier ist es sinnvoll, die Analogie zum Ausgangspunkt von begründeten Vermutungen herzustellen, die es nachfolgend zu prüfen gilt. Basierend auf ihren Vorerfahrungen und der Analogie der Bälle-schlacht, in der nun ein bestehendes Gleichgewicht durch Zugabe von Bällen auf der Eduktseite (siehe Abbildung 8) gestört wird, können die Lernenden die Hypothese aufstellen, dass es folglich zu einer Neuverteilung von Edukten und Produkten kommen kann.



Abbildung 8: Analogie zur Konzentrationsveränderung im Gleichgewicht⁷

Übertragung der Prinzipien auf andere Kontexte

Es folgt ein inhaltlicher Schwerpunkt, der aufgrund seiner gesellschaftlichen Relevanz und Lebensbedeutsamkeit für die Lernenden in den Fokus genommen werden sollte: der Kohlenstoffkreislauf und der anthropogene Einfluss auf den Klimawandel samt den daraus folgenden Konsequenzen.

Hierbei rücken im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung folgende konkretisierte Kompetenzerwartungen (MSW, 2014, S. 26 f.) ins Zentrum der Betrachtung:

Die Schülerinnen und Schüler

- formulieren Fragestellungen zum Problem des Verbleibs und des Einflusses anthropogen erzeugten Kohlenstoffdioxids (u. a. im Meer) unter Einbezug von Gleichgewichten (E1), [...]
- zeigen Möglichkeiten und Chancen der Verminderung des Kohlenstoffdioxid-ausstoßes und der Speicherung des Kohlenstoffdioxids auf und beziehen politische und gesellschaftliche Argumente und ethische Maßstäbe in ihre Bewertung ein (B3, B4),
- beschreiben und bewerten die gesellschaftliche Relevanz prognostizierter Folgen des anthropogenen Treibhauseffektes (B3) [...].

⁷ Zur Downloadmöglichkeit siehe Links zum Web-Auftritt.

Die grundlegenden Voraussetzungen für ein Erfassen dieser Sachverhalte sind in dem Verständnis des Kohlenstoffdioxid-Hydrogencarbonat-Carbonat-Gleichgewichts und der Kenntnis seiner Beeinflussbarkeit umfassend angelegt.



Erst mit deren Anwendung können wir von einem Erwerb konzeptionellen Wissens sprechen!

Alle weiteren Anwendungsaufgaben ermöglichen es den Lernenden, ihren erworbenen Lernzuwachs in diesem wichtigen Anwendungsfeld zu vernetzen. Sie folgen der Leitlinie Kontextualisierung → Dekontextualisierung → Rekontextualisierung. Passend dazu hat die Projektgruppe zunehmend komplexe Materialien, Musterklausuren sowie auch diverse Diagnoseformate zu den Kalkterrassen von Pamukkale, zur Dolinen- bzw. Tropfsteinhöhlenbildung und der Versauerung der Weltmeere entworfen.

Mit diesen und weiteren Materialien gelingt ein Verständnis und die Möglichkeit der Beurteilung der Vorgänge rund um den Klimawandel.

Links zum Web-Auftritt

Hier finden Sie auch alle weiteren Materialien

Plattform	Link	QR-Code
Materialdatenbank QUA-LiS NRW Schulentwicklung	https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idcat=4749&lang=9	
LebensNaher ChemieUnterricht (LNCU)	https://www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=course&action=learn&courseId=85	

3 Erfahrungsberichte, Evaluation

Einbeziehung der Lernenden

Feedback erhöht die Qualität von Unterricht. Die Evaluation des vorliegenden Unterrichtsmoduls lässt sich durch die Implementation von Feedbackinstrumenten realisieren. Neben klassischen Lernerfolgskontrollen in Form von Klausuren rücken Diagnosetools, an den konkretisierten Kompetenzerwartungen orientierte Schülerelbsteinschätzungen und allgemeine Schülerrückmeldungen zur Unterrichtsreihe (Zielscheibe, Fünf-Finger-Methode) in den Fokus.

Das hilft sowohl den Lernenden als auch den Lehrenden, den Status quo des Lernfortschritts besser einzuschätzen. Im Hinblick auf die vom Kernlehrplan intendierte Erreichung von übergeordneten und konkretisierten Kompetenzerwartungen ist diese Positionsbestimmung wichtig und unerlässlich. Den Lehrenden ermöglicht es, nach der Auswertung noch Feinjustierungen des Unterrichts vorzunehmen und, wenn erforderlich, Sachverhalte noch einmal zu vertiefen oder einzuüben. In der Praxis hat sich gezeigt, dass dazu besonders die an den konkretisierten Kompetenzerwartungen orientierte Schülerelbsteinschätzung geeignet ist.

Interessant an dieser Stelle erscheint das Instrument der „Challenge“, die ein Zwischenergebnis über schon erreichte oder eben noch nicht erreichte

Kompetenzen offenbart. Hierbei bewerten sich die Lernenden gegenseitig anonym auf Basis von an den konkretisierten Kompetenzerwartungen angelehnten Aufgabenstellungen in Partnerarbeit. Entscheidend für die Bewertung sind die gezeigte Sicherheit und die methodische Herangehensweise an die Aufgabenstellung sowie die fachliche Richtigkeit. Die Lösungen sind zur Kontrolle jeweils vorgegeben.

Bei einem anderen Ansatz kann man das Ausfüllen von vorgefertigten Bögen aus Effizienzgründen auch aus der Unterrichtszeit in die häusliche Arbeit auslagern, zumal hier eine sehr persönliche, ehrliche Einschätzung erfolgen soll. Als digitale Plattformen für Feedback kann man z. B. auch <https://edkimo.com/de/> bzw. <https://www.sefu-online.de/> benutzen.

Auch bei den allgemeiner formulierten Rückmeldungen zur gesamten Unterrichtsreihe gibt es verschiedene Instrumente. So liefert z. B. die Zielscheibe bei einer Auswertung im Plenum recht schnell transparente und deutliche Ergebnisse. Für eine genauere Analyse empfiehlt sich allerdings eher die Fünf-Finger-Methode, da die Lehrkraft dort die Kommentare in Ruhe auswerten kann.

Das Schüler-Feedback in dieser Form enthält dabei meistens auch Rückmeldungen zu den eingesetzten Methoden und Arbeitsblättern. Lehrende können hier wertvolle Impulse für die folgenden Unterrichtsreihen bzw. andere Lerngruppen erhalten, wobei man berücksichtigen muss, dass es bei Gruppen natürlich immer eine Bandbreite an verschiedenen Präferenzen gibt.

Im vorgestellten Unterrichtsmodul bezogen sich positive Schüleräußerungen z. B. auf:

- das Anwenden des Gelernten in Alltagskontexten,
- die bildliche Darstellung von Reaktionen (Analogie Bälleschlacht),
- die Einbeziehung des Klimawandels in den Unterricht.

Einbeziehung der Lehrenden

Unterricht stellt für Lehrende immer eine Optimierungsaufgabe dar. Dazu bedarf es auch Feedback von Kolleginnen und Kollegen. Neben dem Austausch innerhalb der Fachschaften besteht an einigen Schulen die Möglichkeit kollegialer Hospitationen. Diese kann z. B. genutzt werden, spezielle Unterrichtsinhalte bzw. -methoden nach dem Vier-Augen-Prinzip multiperspektivisch zu betrachten und zu analysieren. Hier bietet es sich an, Schlüsselstunden mit hohem Methoden- oder Experimentalanteil (z. B. Einführung der Bälleschlacht, Active O₂) auszuwählen und Beobachtungsschwerpunkte im Vorfeld festzulegen.

Teile des vorliegenden Unterrichtsmaterials wurden bereits von zahlreichen Lehrerinnen und Lehrern als auch von Referendarinnen und Referendaren in der Praxis eingesetzt und genutzt. Im Sinne der oben angesprochenen Optimierung gab es so schon zahlreiche Verbesserungsvorschläge, die u. a. die Formulierungen der Aufgabenstellungen, Darstellung auf Arbeitsblättern und die Reihenfolge des Unterrichtsganges betrafen.

4 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen, Perspektiven

Materialien sinnhaft zu verknüpfen und Sachverhalte zu erläutern, soll den Schülerinnen und Schülern dann in der Qualifikationsphase weiter nahegebracht werden. Da sie hier aber schon weiter fortgeschritten sind, erfolgt dies

zunehmend komplexer und weniger angeleitet in Form weiterer materialbasierter Lernaufgaben, an denen die Projektgruppe zurzeit arbeitet.

Das im Rahmen des SINUS-Projekts für die Einführungsphase ausgearbeitete Modul hat dabei insofern einen Beispielcharakter, als dass es in seiner Grundstruktur mit der umfassenden Kompetenzorientierung, der methodischen Vielfalt, den Diagnosetools und der Feedbackkultur auch für die Qualifikationsphase übernommen werden kann. Dazu hat die Projektgruppe auch hier beispielhaft eine Übersichtsstruktur erarbeitet:

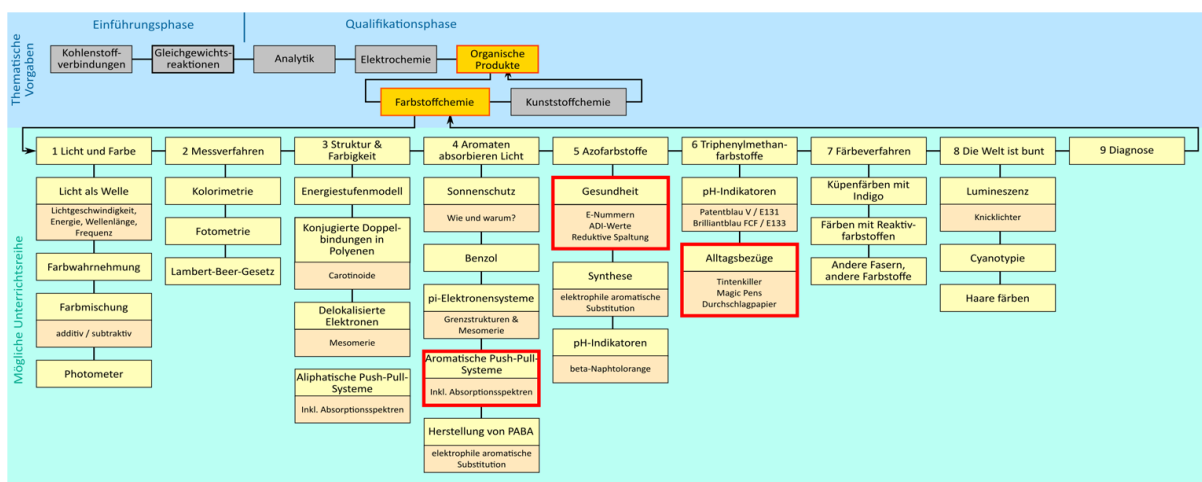


Abbildung 9: Übersicht über Sequenzen und Materialien für die Q2⁸

Literatur

- Dickerson R. & Geis, I. (1983). *Chemie – eine lebendige und anschauliche Einführung* (1. Nachdruck der 1. Aufl.). Weinheim: Verlag Chemie.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.) (2002). *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske + Budrich.
- Heeg, J., Steinich, R. & Hundertmark, S. (2018). Stolpersteine auf dem Weg zum chemischen Gleichgewicht. Möglichkeiten, sie zu erkennen und zu überwinden. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 29 (166), 32–37.
- Krabbe, H., Zander, S. & Fischer H. E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann. Verfügbar unter <http://www.ganzin.de/wp-content/uploads/2015/10/Lernprozessorientierte-Gestaltung-von-Physikunterricht.pdf> [26.05.2019].
- Krause, M. & Eilks, I. (2018). Die Einstellung des chemischen Gleichgewichts modellieren. Mit Stop-Motion-Videos von der Beobachtungs- zur Teilchenebene. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 29 (166), 27–31.
- Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik. Bereich naturwissenschaftliche Kompetenz. Verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/PISA/fr_reload.html?naturwissenschaft.html [13.12.2019].
- Leisen, J. (2010). *Lernaufgaben als Lernumgebung zur Steuerung von Lernprozessen*. Verfügbar unter <http://www.josefleisen.de> [26.05.2019].
- Leisen, J. (2020). *Prinzipien im sprachsensiblen Fachunterricht*. Verfügbar unter <http://www.sprachsensiblerfachunterricht.de/prinzipien> [22.07.2020].

⁸ Schwerpunkte, an denen die Projektgruppe zurzeit arbeitet, sind hervorgehoben.

- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen*. Chemie. Düsseldorf. Verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/chemie/chemie-klp/aufgaben-ziele/index.html> [13.12.2019].
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2015). *Referenzrahmen Schulqualität NRW*. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/e/upload/referenzrahmen/download/Referenzrahmen_Veroeffentlichung.pdf [13.12.2019].
- Petermann, K., Friedrich, J. & Oetken, M. (2008). Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren. *CHEMKON: Forum für Unterricht und Didaktik*, 15 (3), 110 – 118.
- Obendrauf, V. (1996). Experimente mit Gasen im Minimaßstab. *Chemie in unserer Zeit*, 30 (3), 118–125.
- von Borstel, G. & Böhm, A. (2006a). Active O₂ – Powerstoff mit Sauerstoff, kontextorientierte Prüfung von Werbeaussagen. *MnU*, 7 (59), 413–415.
- von Borstel, G. & Böhm, A. (2006b). Le Chatelier einmal anders, Gleichgewichtsverschiebungen am Kontext Sprudelwasser. *Naturwissenschaft im Unterricht Chemie*, 6 (96), 34–37.
- von Borstel, G., Eusterholz, M. & Böhm, A. (2017). Mehr „spritziige“ Experimente mit Gasen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28 (157), 17–22.

Projektgruppe

Andreas Bindl, Sankt-Adelheid-Gymnasium, Bonn

Andreas Böhm, Peter-Jörres-Gymnasium, Ahrweiler

Gregor von Borstel, Alexander-von-Humboldt-Gymnasium, Bornheim

Manfred Eusterholz, Städtisches Gymnasium Hennef

David Weninger, Gymnasium Rodenkirchen, Köln

Plastizität des Gehirns und Lernen

Eine problemorientierte Unterrichtsreihe in der SII, differenziert für den Grund- und Leistungskurs

DAGMAR FRIEDRICHS, ISABEL EDELER

Der aktuelle Kernlehrplan für das Fach Biologie der Sekundarstufe II (Gymnasium/Gesamtschule) benennt die Hirnforschung als Spezialgebiet der Neurobiologie, mit deren Hilfe neue Erkenntnisse über Lernvorgänge gewonnen werden können. Dementsprechend weist das Inhaltsfeld Neurobiologie den inhaltlichen Schwerpunkt „Plastizität und Lernen“ auf. Durch die erfolgte Priorisierung der konkretisierten Kompetenzerwartungen zum Inhaltsfeld Neurobiologie, die für den reproduktiven Teil einer zentralen Überprüfung geeignet sind, erfolgt eine weniger starke Gewichtung der Kompetenzerwartungen und Kompetenzbereiche, die z. B. Gedächtnismodelle und Methoden der bildgebenden Verfahren zum Inhalt haben.

Die vorliegende Unterrichtsreihe bietet einen Lösungsansatz, wie Biologielehrkräfte schülerorientiert im Kontext des Neuroenhancement Aspekte der Modellbildung, der Neuroplastizität und der bildgebenden neurobiologischen Verfahren für den Unterricht berücksichtigen können. Er tangiert alle vier Kompetenzbereiche und differenziert zwischen Grund- und Leistungskurs. Das Wissen um Modelle, deren Grenzen und Aussagekraft ist im Hinblick auf das schriftliche und mündliche Abitur sowie wissenschaftspropädeutisch von hohem Wert. Die Unterrichtsreihe ist so angelegt, dass die Schülerinnen und Schüler ihren Kompetenzerwerb in allen Bereichen weitgehend selbstständig organisieren können. Hierzu wurde eine BrainMap-Vorlage konstruiert, die als Lernbegleiter und Lernorganisator den Schülerinnen und Schülern ihre individuellen Lernfortschritte und Denkprozesse visualisiert. Die Unterrichtsreihe hält daher nicht nur theoretische Lerninhalte über Plastizität des Gehirns und die Hirnforschung bereit, sondern lässt die Schülerinnen und Schüler ihren eigenen Lernzuwachs und ihre Lernprozesse selbst erfahren. Der Kontext Neuroenhancer ist mit seinem Lebensweltbezug für die Schülerinnen und Schüler von hoher Relevanz und befähigt sie abschließend zu einer fundierten Bewertung von stimulierenden Substanzen.

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Motivation für das Projekt

Der inhaltliche Schwerpunkt „Plastizität und Lernen“ weist konkretisierte Kompetenzerwartungen auf, die neuere wissenschaftliche Erkenntnisse zur Plastizität des Gehirns und neue neurobiologische Untersuchungs- und Darstellungsmethoden thematisieren. Da jedoch die zahlreichen Erkenntnisse in der Hirnforschung auf bildgebenden Verfahren und Modelldarstellungen von Gehirn- bzw. Gedächtnisvorgängen basieren, ist eine fundierte Methoden- und Modellkompetenz im Rahmen der Erkenntnisgewinnung bei den Schülerinnen und Schülern unverzichtbar. Erschwerend für den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler und die Aufarbeitung durch die Lehrkraft kommen je-

doch unterschiedliche Darstellungsweisen und unterschiedliche Definitionen in den gängigen Schulbuchlehrwerken über Gedächtnismodelle hinzu. Umfassende Fertigkeiten im Umgang mit Modellen, der Modellkritik und die Fähigkeit, selbstständig Modelle zu erstellen, sind in diesem Zusammenhang von großem Vorteil.

Dass jedoch genau bei der Modellarbeit Defizite im Kompetenzerwerb liegen können, wird auch durch die Ergebnisse der aktuellen Ländervergleichsstudie des Instituts für Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) ersichtlich. Die Studie zeigt für den mittleren Schulabschluss auf der Grundlage der Bildungsstandards für das Fach Biologie für die Kompetenz der Erkenntnisgewinnung Optimierungsbedarf. Dabei hat die Modellarbeit einen großen Anteil an der Erkenntnisgewinnung, basieren naturwissenschaftliche Erkenntnisse doch im Wesentlichen auf einer Modellierung der Wirklichkeit. Dabei dienen die Modelle, von einfachen Analogien bis hin zu mathematisch-formalen Modellen und Theorien, im Rahmen der Erkenntnisgewinnung zur Veranschaulichung, Erklärung und Vorhersage.

Folgender Befund (siehe Tabelle 1) ergibt sich für das Fach Biologie in Nordrhein-Westfalen bei der Erkenntnisgewinnung von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 für das Gymnasium: Zwischen den beiden Untersuchungen von 2012 und 2018 zeigen sich keine signifikanten Veränderungen. Für 2018 zeigt sich, dass am Gymnasium ca. ein Drittel der Lernenden einen gehobenen Regelstandard (Stufe IV) erreicht; lediglich 2% erreichen Stufe V, also den Optimalstandard.

Tabelle 1: Kompetenzstufenverteilung für Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe (Gymnasium), die den MSA anstreben für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (prozentuale Angaben), nach Stanat et al. (2019)

Kompetenzstufen		I	II	III	IV	V
Gymnasium	2018	1.8	16.1	52.6	27.5	2.0
	2012	1.1	14.4	53.5	29.1	1.9
	Differenz	0.7	1.6	-0.9	-1.6	0.1

Anmerkungen: MSA = Mittlerer Schulabschluss; Kompetenzstufen II = Mindeststandard, III = Regelstandard, IV = Regelstandard plus, V = Optimalstandard

Da der Kompetenzerwerb in der Sekundarstufe I die Grundlage für das weitere Lernen in der Sekundarstufe II darstellt, sollte man aufbauend auf diesen Erkenntnissen den Oberstufenunterricht gestalten. Es ist davon auszugehen, dass die Defizite auch in der Sekundarstufe II noch vorliegen. Wie Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe II ihre Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung weiterentwickeln und fundieren können, ist ausführlich in unserem SINUS-Beitrag (Friedrichs & Edeler, 2018) dargestellt. Hieran anknüpfend beschäftigt sich auch der vorliegende Artikel intensiv mit der Kompetenzentwicklung im Bereich der Modelle, die als Rahmengerüst für den erfolgreichen Kompetenzerwerb in den Bereichen „Kommunikation und Bewertung“ für den inhaltlichen Schwerpunkt „Plastizität und Lernen“ anzusehen ist.

In dieser SINUS-Projektgruppe wurden Lösungsansätze für die oben genannten Herausforderungen entwickelt, die in Form einer detailliert ausgearbeiteten Unterrichtsreihe in diesem Artikel dargeboten werden.

Zielsetzung und Sachlage

Die ausgearbeitete Unterrichtsreihe berücksichtigt die Förderung aller ausgewiesenen konkretisierten Kompetenzerwartungen im Bereich „Plastizität und Lernen“. Angesichts der genannten Herausforderungen liegt der Schwerpunkt auf der Modellbildung. Entscheidend bei der Konzeption war darüber hinaus ein zeitlich umsetzbarer Rahmen für den Grund- und Leistungskurs. Daher wurde bei der Konzeption des Unterrichtsmaterials eine Differenzierung zwischen dem Leistungskurs und dem Grundkurs vorgenommen, die sowohl in der inhaltlichen Erarbeitungstiefe als auch im Umfang bemerkbar ist: 6 bzw. 7 Stunden. So werden im Leistungskurs z. B. Arbeits- und Fachmethoden stärker selbstständig angewendet und reflektiert. Darüber hinaus werden optionale Stunden bzw. weiterführende Aufgaben angeboten. Im Anschluss an die Thematik „Plastizität und Lernen“ fügt sich der Themenbereich „Degenerative Krankheiten“, den wir hier ebenfalls differenziert ausgearbeitet haben, an.

Abgesehen von den curricularen Vorgaben hat das vorliegende Unterrichtsvorhaben eine sehr hohe Relevanz für die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sowohl in der Gegenwart als auch für ihre zukünftige universitäre Ausbildung bzw. ihr Arbeitsleben. Unter den Begriffen „Doping fürs Gehirn“ oder „Smartdrugs“ wird es auch für Schülerinnen und Schüler und Studierende verlockend, die illegale Einnahme der verschreibungspflichtigen Medikamente auszuprobieren. In unserer heutigen leistungsorientierten Gesellschaft im Zeitalter der Technologie und Wissenschaft, in der wir die Vorgänge im Gehirn immer besser kennenlernen, ist dies ein attraktives Angebot: schnelle und bessere Lernerfolge durch eine Pille. Studien zur Verbreitung der Einnahme unter Studierenden, Schülerinnen und Schülern und in verschiedenen Berufsgruppen, gepaart mit den steigenden Absatzzahlen der Medikamente, weisen auf eine steigende Zahl von Konsumenten hin (Dodou & Nazar, 2013).

Neuroenhancer sind verschreibungspflichtige oder illegale Substanzen, die ursprünglich zur Linderung von Symptomen von Krankheiten wie ADHS, Alzheimer oder Narkolepsie entwickelt wurden. Die Medikamente werden missbräuchlich zur Steigerung der Aufmerksamkeit, der Motivation, zur Stressbewältigung und für einen damit verbundenen besseren Lernerfolg von gesunden Personen eingenommen (Mohamed & Sahakian, 2012). Studien zur Wirksamkeit der Medikamente als Neuroenhancer bei gesunden Personen zeigen, dass die Effekte sehr individuell sind, dafür aber eine Reihe von Nebenwirkungen auftreten. Das Suchtpotenzial dieser Präparate sollte nicht unterschätzt werden. Es mangelt an Studien zu den Langzeitfolgen. Neben diesen Gesundheitsaspekten stehen auch ethische Argumente für oder gegen den Einsatz von Neuroenhancern im Vordergrund der Diskussion (Metzinger, 2013).

Am Beispiel des Wirkstoffs Methylphenidat (Markenname Ritalin) werden die Schülerinnen und Schüler problemorientiert zunächst ein umfassendes Verständnis neuronaler Lernprozesse basierend auf der Plastizität des Gehirns aufbauen, um anschließend eine fachlich fundierte und reflektierte ethische Bewertung zum Einsatz von Neuroenhancern vorzunehmen.

Das Wissen um die Lernprozesse im Gehirn basiert auf Modellen. Daher ist die Arbeit mit Modellen in diesem Unterrichtsvorhaben unumgänglich. Vielmehr bietet dieses Unterrichtsvorhaben eine hervorragende Möglichkeit, die Bedeutung von Modellen, deren Möglichkeiten und Grenzen sowie deren Aussagekraft zu erarbeiten und zu verstehen. Modellkritik auf der Metaebene führt zu einem vertieften Verständnis von Modellen und deren Darstellungsmöglichkeiten. Die Dekontextualisierung des Wissens wird hier angeregt,

Transferwissen angelegt und das Abstraktionsvermögen der Schülerinnen und Schüler geschult. Dies stellt die höchste Reflexionsebene in der Modellkompetenz dar und knüpft somit an unser Unterrichtsvorhaben zur Biomembran und den Umgang mit Modellen (Friedrichs & Edeler, 2018) an. Die Modellarbeit wird in dem vorliegenden Unterrichtsvorhaben gefördert, indem die Schülerinnen und Schüler

- Bilder der Gehirnaktivitäten durch fMRT bzw. PET als indirekte Darstellungen verstehen (UE2),
- eigene Modelle zu den verschiedenen Gedächtnisstrukturen entwerfen (UE3; UE4 (LK)),
- die Aussagekraft und die Grenzen bereits bestehender Modelle kritisch bewerten (UE3),
- anhand von Modellen, deren Grenzen sie einordnen können, die Plastizität des Gehirns erläutern (UE4),
- verschiedene Modelle zu den Gehirnabläufen miteinander in Beziehung setzen, um eine ethische Bewertung des Einsatzes von Neuroenhancern vorzunehmen (bekannter Kontext) (UE6),
- verschiedene Modelle und Darstellungen von Gehirnabläufen miteinander in Beziehung setzen, um das Mystery zum Thema Alzheimer zu lösen (unbekannter Kontext) (UE7).

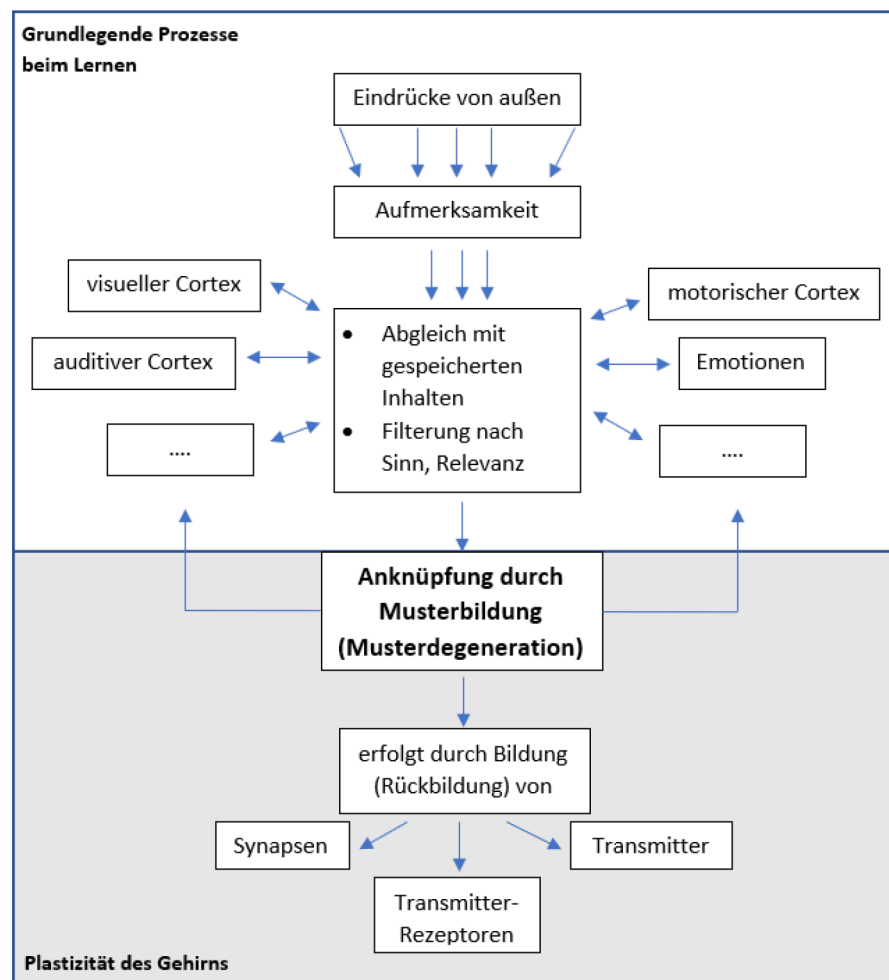


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Vorgänge im Gehirn beim Lernen: erste Aufnahme der Eindrücke von außen und die ersten Verarbeitungsschritte (oben) sowie die Anknüpfung in Mustern durch physische Umbauprozesse (Plastizität des Gehirns)

Die Problemorientierung und Kontextualisierung der Lerngegenstände durch die Fragestellung: „Neuroenhancer: ja oder nein?“ ermöglichen in besonderem Maße gehirngerechtes Lernen, indem Emotionen, Sinnhaftigkeit und Relevanz angesprochen werden. Die Unterrichtsreihe ist im Sinne des gehirngerechten Lernens so angelegt, dass die Inhalte der Unterrichtsstunden miteinander verknüpft und wiederholt sowie Bezüge zu anderen Inhaltsfeldern hergestellt werden. Ebenfalls Berücksichtigung finden soziale Interaktion und Raum für individuelle Gestaltungs- und Erarbeitungswege. Somit ist die Zielsetzung des Unterrichtsvorhabens nicht nur die Vermittlung der Lernprozesse im Gehirn, sondern auch die unmittelbare Umsetzung der Erkenntnisse in einer gehirngerechten Erarbeitung (Schirp, 2007).

Dies wird besonders durch den Einsatz einer lernbegleitenden BrainMap unterstützt, die eigens für diese Unterrichtsreihe konzipiert worden ist. Sie ist eine Kombination der Concept Map und eines Advance Organizers. Darüber hinaus dient sie der Lehrperson sowie der Schülerin bzw. dem Schüler als (Selbst-)Evaluationswerkzeug. Auf einer Metaebene erfassen die Schülerinnen und Schüler begleitend zur Unterrichtsreihe ihre eigenen neuronalen Anknüpfungspunkte und visualisieren sie in einer individuellen Form, z. B. in einer Concept Map oder in einer Tabelle. Hiermit werden die Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung auf einer weiteren Ebene vertieft und es wird den Lernenden ermöglicht, ihre zukünftigen Lernwege kritischer zu reflektieren, Wissen zu vernetzen und neue persönliche Lernstrategien zu entwickeln.

In diesem Kontext ist auch die Methode des Mysterys (Schuler, 2005) einzuordnen, welche in der letzten Einheit eingesetzt wird, in der alle Kompetenzen am Beispiel von Alzheimer wiederholt und vertieft werden. Mysterys sind problemorientierte Rätsel und eine besonders motivierende Methode für die Erarbeitung von Sachinformationen, da sie oftmals eine persönliche Geschichte beinhalten. Neben dem motivierenden Aspekt zeigen die Rätsel eine deutliche Schülerorientierung, da sie entdeckendes und offenes mit vernetztem Lernen verbinden. Der Ansatz verfolgt das Ziel der Förderung von schlussfolgerndem und vernetzendem Denken in Alltagszusammenhängen (Schuler, 2005), welches auch Gültigkeit für den Biologieunterricht hat (Mühlhausen & Pütz, 2013).

2 Dokumentation des Reihenkonzepts und exemplarischer Materialien

In der vorgestellten Reihenplanung zur Plastizität des Gehirns und zum Lernen sind sieben Unterrichtseinheiten mit Stunden ausgearbeitet. Dabei gibt es vier Unterrichtseinheiten mit einem strukturierten Überblick und Tipps zur Durchführung. Darüber hinaus findet man drei Unterrichtseinheiten mit detaillierter Stundenausarbeitung. Für alle Unterrichtseinheiten sind zahlreiche Materialbeigaben verfügbar. In der gesamten Planung wird die curriculare Differenzierung für Grund- und Leistungskurse aufgezeigt und einzelne Stunden sind von vornherein entsprechend anders konzipiert.

Da die Reihe bislang in acht verschiedenen Lerngruppen an unterschiedlichen Gymnasien und Standorten von sechs Lehrkräften erprobt wurde, konnten die dabei gewonnenen Erfahrungen bereits in der vorliegenden Version/ Veröffentlichung berücksichtigt werden. Die Reihenplanung und die zugehörigen Materialien können auf den SINUS-Seiten des Projekts heruntergeladen werden.

Überblick über die Unterrichtsreihe

Zu Beginn der Unterrichtsreihe wird den Lernenden eine kurze Filmsequenz zum Kontext „Einsatz von Neuroenhancern“ gezeigt. Die Schülerinnen und Schüler erstellen gemeinsam mit der Lehrkraft in dieser ersten Unterrichtseinheit die inhaltlichen Aspekte der Unterrichtsreihe.

In den Unterrichtseinheiten zwei bis fünf werden thematische Grundlagen der Plastizität des Gehirns und der Lernprozesse erarbeitet, sodass in Unterrichtseinheit sechs eine fundierte ausführliche Bewertung des Einsatzes von Neuroenhancern stattfinden kann. Die Unterrichtseinheit sieben vertieft zahlreiche methodische und inhaltliche Aspekte der gesamten Unterrichtseinheit und führt diese in einem neuen inhaltlichen Rahmen (degenerative Erkrankung) zusammen.

In den tabellarischen Übersichten zum Kompetenzerwerb (Tabelle 2 und 3) ist eine Zuordnung der vorhandenen Kompetenzen zu den jeweiligen Unterrichtseinheiten ersichtlich.

Tabelle 2: Übersicht Leistungskurs zum Kompetenzerwerb mit Zuordnung zu den jeweiligen Unterrichtseinheiten

Kompetenzbereich	Konkretisierte Kompetenzerwartung Die Schülerinnen und Schüler ...	Unterrichtseinheit
<i>Umgang mit Fachwissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> stellen Möglichkeiten und Grenzen bildgebender Verfahren zur Anatomie und zur Funktion des Gehirns (PET und fMRT) gegenüber und bringen diese mit der Erforschung von Gehirnbäufen in Verbindung (UF4, UF1, B4). 	2
<i>Erkenntnisgewinnung</i>	<ul style="list-style-type: none"> erklären den Begriff der Plastizität anhand geeigneter Modelle und leiten die Bedeutung für ein lebenslanges Lernen ab (E6, UF4). 	4 und 5
<i>Kommunikation</i>	<ul style="list-style-type: none"> dokumentieren und präsentieren die Wirkung von endo- und exogenen Stoffen auf Vorgänge am Axon, der Synapse und auf Gehirnareale an konkreten Beispielen (K1, K3, UF2). stellen aktuelle Modellvorstellungen zum Gedächtnis auf anatomisch-physiologischer Ebene dar (K3, B1). recherchieren und präsentieren aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zu einer degenerativen Erkrankung (K2, K3). 	4, 6 und 7 3 7
<i>Bewertung</i>	<ul style="list-style-type: none"> leiten Wirkungen von endo- und exogenen Substanzen (u. a. von Neuroenhancern) auf die Gesundheit ab und bewerten mögliche Folgen für Individuum und Gesellschaft (B3, B4, B2, UF2, UF4). 	1 und 6

Tabelle 3: Übersicht Grundkurs zum Kompetenzerwerb mit Zuordnung zu den jeweiligen Unterrichtseinheiten

Kompetenzbereich	Konkretisierte Kompetenzerwartung Die Schülerinnen und Schüler ...	Unterrichtseinheit
<i>Umgang mit Fachwissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> erklären die Bedeutung der Plastizität des Gehirns für ein lebenslanges Lernen (UF 4). 	2
<i>Erkenntnisgewinnung</i>	<ul style="list-style-type: none"> ermitteln mithilfe von Aufnahmen eines bildgebenden Verfahrens Aktivitäten verschiedener Gehirnareale (E5, UF4). 	4 und 5
<i>Kommunikation</i>	<ul style="list-style-type: none"> dokumentieren und präsentieren die Wirkung von endo- und exogenen Stoffen auf Vorgänge am Axon, der Synapse und auf Gehirnareale an konkreten Beispielen (K1, K3, UF2). 	4, 6 und 7

(Fortsetzung Tabelle 3)

Kompetenzbereich	Konkretisierte Kompetenzerwartung Die Schülerinnen und Schüler ...	Unterrichtseinheit
	<ul style="list-style-type: none"> stellen aktuelle Modellvorstellungen zum Gedächtnis auf anatomisch-physiologischer Ebene dar (K3, B1). recherchieren und präsentieren aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zu einer degenerativen Erkrankung (K2, K3). 	3 7
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> erklären Wirkungen von exogenen Substanzen auf den Körper und bewerten mögliche Folgen für Individuum und Gesellschaft (B3, B4, B2, UF4). 	1 und 6

Im Bereich der Modellbildung werden die Kompetenzen sukzessive im Laufe der Unterrichtsreihe angebahnt. Eine Übersicht ist im Abschnitt 1 „Projektbeschreibung und Zielsetzung“ ausführlich dargestellt.

Als Vorwissen zu dieser Reihe wird Folgendes vorausgesetzt:

- grundlegende Kenntnisse zur Modellbildung z. B. unter Zuhilfenahme des Arbeitsblattes 1 „Grundlagen zur Modellarbeit“ (Friedrichs & Edeler, 2018),
- Aufbau und Funktion des Neurons,
- Aufbau und Vorgänge an der Synapse.

Hinweis: Die degenerative Krankheit Alzheimer kann in Unterrichtseinheit 7 erarbeitet werden und wird nicht vorausgesetzt.

Detaillierte Reihenplanung mit Differenzierung von GK und LK

In diesem Kapitel werden die einzelnen Stunden im Detail vorgestellt und Erläuterungen zur Durchführung gegeben. Sofern PP angegeben ist, finden Sie entsprechende Folien hierzu in der online bereitgestellten PowerPoint-Präsentation, die Sie selbstverständlich noch erweitern oder individualisieren können. Gleiches gilt für alle angeführten Medien (Film, AB etc.). Allgemein gelten folgende Abkürzungen:

EA = Einzelarbeit; PA = Partnerarbeit; GA = Gruppenarbeit; SV = Schüler Vortrag; TPS = Think (EA) – Pair (PA) – Share (Plenum); PP = Präsentation am PC; AB = Arbeitsblatt / exemplarische Materialien; GK = Grundkurs; LK = Leistungskurs

Tabelle 4: Unterrichtseinheit 1 (Einzelstunde): Nutzung von Neuroenhancern – Spontanurteil und Überblick über Unterrichtssequenz

Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Medium
Einstieg	Film: Kontext Neuroenhancer – Ritalin Spontanurteil: „Neuroenhancer – wie würden Sie sich entscheiden? Füllen Sie ein Spontanurteil!“	UG	Film PP
Erarbeitung I	Lehrerin/Lehrer: „Was müssen wir wissen, um den Konflikt ‚Einnahme von Neuroenhancern‘ fundiert zu bewerten? Formulieren Sie Fragen, die sich für uns daraus für die nächsten Stunden ergeben.“ Schülerantworten werden gesammelt und geordnet.		PP

(Fortsetzung Tabelle 4)

Phase	Unterrichtsgeschehen	Sozialform	Medium
	„Begleitend erstellt jeder von Ihnen fortlaufend eine „BrainMap“, in der Sie die jeweiligen Unterrichtsinhalte der Stunden visualisieren. Die neuen Unterrichtsinhalte werden darin mit den bisherigen verknüpft. Sie können dabei eigene individuelle Darstellungsformen wählen. Darstellungsformen könnten z. B. Bilder, Tabellen, Pfeile, Fließdiagramme, SketchNotes sein.“		PP Beispiele Darstellungsformen
Sicherung I	Gliederung der Reihe: Welche Gehirnareale gibt es (Methoden der Hirnforschung)? Wie funktioniert das Gedächtnis? Lebenslanges Lernen/Plastizität Welche Lernstrategien gibt es? Welche Wirkung haben Neuroenhancer?		
Erarbeitung II	Überleitung: Welche Gehirnareale gibt es? – erstes Thema „Jeder schreibt mindestens drei Antworten aus seinem Vorwissen auf.“ (EA) Lehrer notiert von möglichst vielen Schülerinnen und Schülern eine Antwort auf Zetteln, Folienschnipseln oder Textfeldern am PC „Teilen Sie die genannten Strukturen in zwei mögliche inhaltliche Kategorien ein.“ Lösung: Gehirnareale nach Funktionen, Gehirnareale nach Verortung (Struktur) Lehrer fügt Überschrift hinzu und ordnet die notierten Schnipsel o. Ä. nach Schüleranweisungen	UG	PP/Tafel
Sicherung II	Gehirnareale (die Fachbegriffe werden vom Lehrer zugeordnet): Kleinhirn, Langzeitgedächtnis, Großhirnrinde, Kurzzeitgedächtnis, Hirnstamm, Hippocampus Motorcortex, visueller Cortex etc. Mögliche inhaltliche Kategorien: 1. Verortung (Struktur): z. B. Kleinhirn, Großhirnrinde, Hirnstamm, Hippocampus 2. Funktion: Motorcortex, Kurzzeitgedächtnis, Langzeitgedächtnis, visueller Cortex	UG SV	PP/Tafel

Erläuterungen/Hinweise:

- Obwohl es im Curriculum nicht vorgeschrieben ist, wird hier das Thema Neuroenhancer als Kontext auch für den Grundkurs eingesetzt, da es sehr motivierend und lebensnah ist und eine kritische Auseinandersetzung mit den Folgen für das Individuum aus gesundheitserzieherischer Sicht sehr wichtig erscheint.
- Die Folgen für die Gesellschaft von exogenen Substanzen (Gifte, Neurotoxine) sind im Rahmen des Grundkursunterrichts schwieriger zu erfassen als die Wirkung von Neuroenhancern auf eine Gesellschaft.

- Um in der Einstiegsphase die Aktivität aller Schülerinnen und Schüler zu steigern, bietet es sich an, das Spontanurteil aller zu erfassen (je nach Kursatmosphäre durch eine anonymisierte Abfrage oder durch das Aufstellen entlang einer imaginären „Ja“- und „Nein“-Linie).
- Da sich die Inhalte der Reihe aus der gemeinsamen Sammlung und Ordnung der Fragen (siehe Einstieg in PowerPoint-Präsentation) ergeben, hat es sich als hilfreich erwiesen, diese in einem digitalen Medium (z. B. einer PowerPoint-Präsentation) festzuhalten und diese in den Folgestunden immer wieder aufzuführen. So ergibt sich für die Schülerinnen und Schüler eine fortlaufende Transparenz und Orientierung.
- Lernbegleiter „BrainMap“: Wie sich in den erprobten Unterrichtsstunden herausgestellt hat, ist die sukzessive Visualisierung der verschiedenen Lerninhalte für die Schülerinnen und Schüler sehr hilfreich, um die Plastizität des Gehirns selbst nachzuempfinden. Die Anknüpfung neuer Lerninhalte an die bekannten neuronalen Netze (visualisiert durch die individuellen BrainMaps) hat die Schülerinnen und Schüler befähigt, die Inhalte der bereits gelaufenen Unterrichtsstunden sinnvoll in die aktuellen Stunden einfließen zu lassen. In dieser Stunde wird das Arbeiten mit der BrainMap eingeführt, in den folgenden Stunden ist die Erweiterung jeweils Hausaufgabe. Dabei können die Schülerinnen und Schüler als Hilfestellung auf beiliegende Vorlagen zurückgreifen oder – je nach Erfahrung – selbstständig ihre Lernbegleiter erstellen. Zwei Schülerbeispiele sind online einsehbar.¹
- Ob die Erstellung einer eigenen BrainMap obligatorisch für alle gilt oder nur freiwillig von einigen Schülerinnen und Schülern angefertigt wird, kann vom Lehrer, abhängig von der Kursart und der Lerngruppe, entschieden werden.
- Es ist auch möglich, dass Schülerinnen und Schüler ihre BrainMaps digital erstellen und somit neben Notizen auch Fotos, QR-Codes und/oder Links zu Videos bzw. Audio-Dateien einfügen können.
- Am Ende der Stunde (Übersicht der Gehirnareale) bietet es sich an, geeignete 3D-Abbildungen von einem Gehirn zu zeigen.

Unterrichtseinheit 2 (Einzelstunde): Erfassung von Gehirnarealen anhand bildgebender Verfahren

Es bietet sich an, jeweils ein Bild PET und fMRT hinsichtlich ihrer Aussagekraft und Darstellungskraft zu analysieren und gegenüberzustellen. Anschließend können im Leistungskurs die bildgebenden Verfahren z. B. mit den Themen Sprachverständnis und Spracherzeugung der Gehirnabläufe in Verbindung gebracht werden. Abbildungen und Aufgaben finden sich in einschlägigen Lehrwerken. Hintergrundinformationen zu den Verfahren sollten sehr kurz gehalten werden, z. B. in Form eines kurzen Schülerreferats zu Beginn der Stunde oder einer Kurztabelle, z. B.:

¹ www.sinus.nrw.de.

Tabelle 5: Kriteriengeleiteter Vergleich zweier bildgebender Verfahren der Hirnforschung (Neurobiologie)

Kriterium	PET	fMRT
vollständige Bezeichnung	Positronen-Emissions-Tomographie	funktionelle Magnetresonanztomographie
nachweisbare Stoffe	Stoffwechselprodukte (z. B. Glucose)	Sauerstoffkonzentration im Blut (Desoxy-/Oxyhämoglobin), regionale Durchblutung
Messmethode	künstlich hergestellte Tracer (z. B. radioaktive Isotope), die an spezifische Stoffwechselprodukte binden; die radioaktiven Tracer senden beim Zerfall energiereiche Gammastrahlung ins Gewebe, die dann per Software zu einem 3D-Bild ausgewertet werden	künstlich hergestelltes Magnetfeld und Radiowellen, welche dazu führen, dass das durchblutete Gewebe mit aktiven Neuronen (Sauerstoffbedarf) Signale aussendet, die per Computerprogramm zu einem 3D-Bild ausgewertet werden
Einsatzmöglichkeiten	Orte von Stoffwechselprodukten erfassen	aktuelle Durchblutung und damit Aktivität von Neuronen darstellen

Erläuterungen/Hinweise:

- Die Schülerinnen und Schüler werten, wie es auch in Klausuren verlangt wird, anhand materialbasierter Informationen Bilder aus.
- Man kann ggf. auch ein zusätzliches Referat zum Thema Hirntod im Leistungskurs verteilen.
- Ein vertiefender Artikel für den Leistungskurs findet sich hier <http://sz-magazin.sueddeutsche.de/texte/anzeigen/38063> [03.01.2020].
- Aus zeitlichen Gründen sollte als Hausaufgabe zur Vorbereitung auf die kommende Stunde das AB Gedächtnismodelle (für die nachfolgende Unterrichtseinheit) gelesen und wichtige Informationen unterstrichen werden.

Tabelle 6: Unterrichtseinheit 3 (Doppelstunde): Modellvorstellungen zum Gedächtnis

Phase	Inhalt	Sozialform	Medium
Einstieg	Hinweis: AB Gedächtnismodelle sollte als Hausaufgabe der vorherigen Stunde gelesen worden sein. Schülerinnen und Schüler lesen Gedankenblasen im Kopf vor (PP-Folie) und assoziieren damit Gedächtnisvorgänge. Lehrerin bzw. Lehrer informiert über heutiges Stundenthema: „Wie funktioniert das Gedächtnis? Gedächtnismodelle“ (siehe auch Gliederung der Reihe (vgl. Stunde 1) „Kontext Neuroenhancer“)	UG	PP
Erarbeitung I	Aufgabe: Erstellen Sie mithilfe des Textes eine eigene Abbildung, die die Gedächtnisarten und ihre zeitliche Dimension beinhaltet. Fügen Sie den Gedächtnisarten auch Beispiele zum besseren Verständnis zu.	EA	AB Gedächtnismodelle

(Fortsetzung Tabelle 6)

Phase	Inhalt	Sozialform	Medium
Sicherung I	Vorstellen der erstellten Abbildungen und Erklärung der Gedächtnismodelle. Modellkritik: z. B. Verständlichkeit, Übersichtlichkeit, Vollständigkeit, Visualisierung/Gestaltung, fachliche Richtigkeit, Abstraktionsgrad (Was wurde weggelassen?)	UG	Dokumentenkamera Beamer
Erarbeitung II Vertiefung	Aufgabe 1: Markieren Sie die Gedächtnismodelle Ihrer Abbildungen farblich entsprechend der Legende. Aufgabe 2: Unterscheiden Sie durch Markierungen, ob es sich jeweils um anatomische oder physiologische Merkmale handelt.	Think Pair	PP (inklusive Legende)
Sicherung II	Die zeitlichen Gedächtniskomponenten (Kurzzeit und Langzeit) beruhen auf physiologischen Prozessen, wohingegen die inhaltlichen Komponenten mit anatomischen Strukturen im Gehirn verknüpft sind.	Share	Dokumentenkamera Beamer
Erarbeitung III Transfer	verschiedene Schulbuchmodelle kritisch hinterfragen: Kriterien: siehe Modellkritik Sicherung I	PA	PP/Schulbuch
Sicherung III	individuell nach Schulbuchbeispiel	UG	PP

Erläuterungen/Hinweise:

- Aus zeitlichen Gründen sollte als Hausaufgabe zur Vorbereitung auf die kommende Stunde das AB Gedächtnismodelle (für die nachfolgende Unterrichtseinheit) gelesen und wichtige Informationen unterstrichen werden.
- Für einen erfolgreichen Kompetenzerwerb im Bereich der Kommunikation ist jedoch eine explizite Modellarbeit grundlegend. Diese ist in dem Bereich der Erkenntnisgewinnung zu verorten.
- Der Grundlagentext „Bildung braucht Persönlichkeit – Wie Lernen gelingt“ vom Neurowissenschaftler Gerhard Roth zur Erstellung der eigenen Gedächtnismodelle ist bewusst ausgesucht und auf didaktische Eignung geprüft worden. Die Auseinandersetzung mit einem wissenschaftlichen Exzerpt ist für die angehenden Abiturientinnen und Abiturienten eine besonders motivierende und wissenschaftspropädeutisch wichtige Aufgabe. Auf dieser Basis lässt sich ein wissenschaftlich fundiertes eigenes Schülermodell erstellen, welches nicht durch didaktisierte Schulbuchtexte gelenkt ist.
- Der anschließende Vergleich mit Modellen aus Schulbüchern und deren Modellkritik erlaubt einen sehr weitgehenden Kompetenzerwerb im Rahmen der Erkenntnisgewinnung, sodass ein Transfer der Erkenntnisse über Modelle im Alltag sowie in wissenschaftlichen Kontexten angebahnt wird.
- Nach der intensiven Modellarbeit im Rahmen der Erkenntnisgewinnung sind die Schülerinnen und Schüler sehr gut auf den Erwerb der daran anschließenden Kommunikationskompetenz vorbereitet.
- Erfahrungen bei der Erprobung haben gezeigt, dass sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs hervorragende Darstellungen der Gedächtnismodelle erzielt wurden. Die Diskussionen über individuelle Ausführungen er-

weiteren zudem auf der Metaebene das Verständnis über Gedächtnisleistungen bzw. Denkprozesse.

- Erarbeitung III kann sowohl im Unterrichtsgespräch als auch in Partner- oder Einzelarbeit erfolgen. Für eine PA oder EA kann mit dem gängigen Schulbuch gearbeitet werden. Es bietet sich jedoch an, in der PP noch ein weiteres Modell zur Kritik heranzuziehen.

Tabelle 7: Unterrichtseinheit 4 (Einzelstunde GK): Die Plastizität des Gehirns für lebenslanges Lernen

Phase	Inhalt	Sozialform	Medium
Einstieg	Schülerinnen und/oder Schüler erhalten zu Beginn Textschnipsel mit Beispielen zu unterschiedlichen Phänomenen der Plastizität aus dem Leben und lesen diese vor. „Was zeigen diese Beispiele über das Gehirn und im Speziellen über das Lernen?“ Überleitung: „Die Wandelbarkeit des Gehirns nennt man auch Plastizität , mit dieser beschäftigen wir uns heute.“	UG	Textschnipsel
Erarbeitung I	Plastizität des Gehirns auf unterschiedlichen Ebenen 1. EA: Stellen Sie die Vorgänge bzw. Veränderungen dar, die die Plastizität des Gehirns ausmachen, indem Sie auf dem Sicherungsarbeitsblatt stichwortartig die Musterbildung auf Ebene 1 beschreiben. 2. PA: Vervollständigen Sie gemeinsam die Abbildung. 3. PA: Erstellen Sie eine Kurzpräsentation zur Plastizität des Gehirns mithilfe des Sicherungsarbeitsblattes.	TPS	AB Plastizität Ebene 1 AB Plastizität Ebene 2 + 3 AB Sicherung (Abbildung) Hilfekarte
Sicherung I	Mögliche Lösung Gehirnnareale – Ebene 1 Abbildung 1: <ul style="list-style-type: none"> • Reize werden aufgenommen: elektrische Erregungen • Aktivierung der Aufmerksamkeit auf Neues durch Thalamus • Hemmung störender Erregungen im Frontalcortex Abbildung 2: <ul style="list-style-type: none"> • neue Eindrücke werden bekannten zugeordnet: Aktivierung von Erregungsmustern • emotionale Zuordnung im limbischen System • Hippocampus filtert sinnhafte Inhalte und knüpft sie an bekannte • nur eine Anknüpfung an Bekanntes ist möglich Abbildung 3: <ul style="list-style-type: none"> • spezifische Verbindungen zwischen Hirnarealen werden aktiviert und angepasst → Musterbildung • Informationen sind verarbeitet (unbewusst) • Erinnerung nun durch Aktivierung des Netzwerkes möglich 	SV/UG	PP/Projektion Schülerergebnis

(Fortsetzung Tabelle 7)

Phase	Inhalt	Sozialform	Medium
	<p>Mögliche Lösung Synapsen – Ebene 2 + 3</p> <p>Abbildung 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • geringe Effektivität der Erregung aufgrund geringer Rezeptoren (Glutamat) in postsynaptischer Membran • häufige Erregung bewirkt Signalkaskade in postsynaptischem Neuron, wodurch weitere Rezeptoren in die Membran eingebaut werden <p>Abbildung 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • starke Erregungen im präsynaptischen Neuron führen zur Ausschüttung von Transmittern • bei häufiger Erregung produziert die postsynaptische Zelle Botenstoffe, die in der Präsynapse die Synthese und Ausschüttung von Transmittern verstärken <p>Abbildung 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • durch die häufige Erregung der Neurone wird eine spezifische Proteinbiosynthese in Gang gesetzt, wodurch sich zusätzlich Synapsen bilden 		
Erarbeitung II	<p>Lebenslanges Lernen</p> <p>Aufgabe: Nehmen Sie basierend auf Ihrem Wissen zur Plastizität des Gehirns kritisch Stellung zur Aussage „Was Fritzchen nicht lernt, lernt Fritz nimmer mehr“.</p> <p>Eine Schülerin oder ein Schüler liest den Text „Was Fritzchen nicht lernt, lernt Fritz nimmer mehr“ vor.</p>	UG	AB Lebenslanges Lernen
Sicherung II	<p>Mögliche Argumente:</p> <p>Die Aussage trifft zu, z. B.: neuronale Fenster bestehen nur in jungen Jahren; große Umbauphasen des Gehirns in jungen Jahren; schnelleres und effektiveres Lernen in jungen Jahren; keine Nervenzellneubildungen im Alter.</p> <p>Die Aussage trifft nicht zu, z. B.: lebenslanger Auf-, Ab- und Umbau von Synapsen; die Anzahl und Stärke der Verknüpfungen zwischen Neuronen ist für das Lernen entscheidend; Lernen baut auf bestehendem Wissen auf.</p>	Murmelfase UG	PP
Hausaufgabe	Vertiefende Übung: Analogie Totempfad bzw. Trampelpfad		AB Totempfad/Trampelpfad

Sicherungsarbeitsblatt UE4

Biologie Q2 SINUS „Neuroenhancer?“ – Plastizität und Lernen

Plastizität und Lernen. Links werden modellhaft die Lernvorgänge dargestellt. Rechts wird die Plastizität des Gehirns, d. h. die Umbaufähigkeit auf neuronaler Ebene, gezeigt.

Lernvorgänge

1. Aufmerksamkeit

Erläuterungen:

2. Zuordnung

Erläuterungen:

3. Musterbildung

Erläuterungen:

a: Veränderung der Rezeptoranzahl

Erläuterungen:

b: Veränderung der Transmittermenge

Erläuterungen:

c: Veränderung der Synapsenanzahl

Erläuterungen:

Abbildung 2: Sicherungsarbeitsblatt (erstellt von Schnassdesign)

Erläuterungen/Hinweise:

- Bei der Sicherung I bietet es sich an, die Schülerergebnisse zu fotografieren und zu projizieren oder eine Dokumentenkamera zu verwenden.
- Bei der Erarbeitung II kann der Text entweder von der Lehrerin / dem Lehrer vorgelesen oder durch die Schülerinnen und Schüler in Einzelarbeit gelesen werden.
- Eine kurze Murmelphase zu Beginn der Sicherung II ist sinnvoll, damit die Schülerinnen und Schüler ihre gerade erarbeiteten Erkenntnisse reorganisieren können.
- Als Hausaufgabe kann man zur Vertiefung die Analogie des Totempfahls (etwas anspruchsvoller) bzw. des Trampelpfads (leichter) von den Schülerinnen und Schülern hinsichtlich der Übertragbarkeit auf die Plastizität des Gehirns analysieren lassen.

Tabelle 8: Unterrichtseinheit 4 (Doppelstunde LK): Die Plastizität des Gehirns für lebenslanges Lernen

Phase	Inhalt	Sozialform	Medium
Einstieg	Schülerinnen und Schüler erhalten zu Beginn Textschnipsel mit Beispielen zu unterschiedlichen Phänomenen der Plastizität aus dem Leben und lesen diese vor. „Was zeigen diese Beispiele über das Gehirn und im Speziellen über das Lernen?“ Überleitung: „Die Wandelbarkeit des Gehirns nennt man auch Plastizität , mit dieser beschäftigen wir uns heute.“	UG	Textschnipsel
Erarbeitung I	Plastizität des Gehirns auf unterschiedlichen Ebenen 1. EA: Stellen Sie die Vorgänge bzw. Veränderungen dar, die die Plastizität des Gehirns ausmachen, indem Sie auf dem Sicherungsarbeitsblatt stichwortartig die Musterbildung auf Ebene 1 beschreiben. 2. PA: Vervollständigen Sie gemeinsam die Abbildung. 3. Zeichnen Sie zu den jeweiligen Schritten entsprechend der Legende neben den jeweiligen Text schematisch die Bildung eines neuronalen Netzes.	TPS	AB Plastizität Ebene 1 AB Plastizität Ebene 2 + 3 AB Sicherung (Abbildung) Hilfeskarte
Sicherung I	Mögliche Lösungen Gehirnareale – Ebene 1, 2, 3 siehe GK Lösung Aufgabe 3: Die Modelldarstellungen sind individuell. Wichtig ist, dass sichtbar wird, dass zunächst Muster aufgebaut werden, die dann bei erneutem Eintreffen aktiviert werden.	SV/UG	PP/Projektion Schülerergebnis
Erarbeitung II	Lebenslanges Lernen Aufgabe: Nehmen Sie basierend auf Ihrem Wissen zur Plastizität des Gehirns kritisch Stellung zur Aussage „Was Fritzchen nicht lernt, lernt Fritz nimmer mehr“. Eine Schülerin oder ein Schüler liest den Text „Was Fritzchen nicht lernt, lernt Fritz nimmer mehr“ vor.	UG	AB Lebenslanges Lernen

(Fortsetzung Tabelle 8)

Phase	Inhalt	Sozialform	Medium
Sicherung II	<p>Mögliche Argumente:</p> <p>Die Aussage trifft zu, z. B.: neuronale Fenster bestehen nur in jungen Jahren; große Umbauphasen des Gehirns in jungen Jahren; schnelles und effektiveres Lernen in jungen Jahren; keine Nervenzellneubildungen im Alter.</p> <p>Die Aussage trifft nicht zu, z. B.: lebenslanger Auf-, Ab- und Umbau von Synapsen; die Anzahl und Stärke der Verknüpfungen zwischen Neuronen ist für das Lernen entscheidend; Lernen baut auf bestehendem Wissen auf.</p>	Murmelpphase UG	PP

Erläuterungen/Hinweise:

- Die oben aufgeführten Erläuterungen und Hinweise beim Grundkurs gelten ebenso beim Leistungskurs.
- Der Leistungskurs unterscheidet sich vom Grundkurs vornehmlich durch die Modellarbeit in der Erarbeitung I: Hier wird deutlich, dass der Leistungskurs – im Gegensatz zum Grundkurs – die Plastizität des Gehirns anhand geeigneter Modelle vertiefend erklären kann, wohingegen der Grundkurs keine konkrete Modellarbeit leisten muss. Dieser vertieften und umfänglicheren Erarbeitung sollte eine weitere Unterrichtsstunde zur Verfügung stehen. Hierbei wird die Konzeption der Stunden den unterschiedlichen Kompetenzerwartungen des Grund- und Leistungskurses entsprechend dem Kernlehrplan gerecht.

Unterrichtseinheit 5 (Einzelstunde optional): Wie funktioniert Lernen – Entwicklung individueller Lernstrategien

Erläuterungen/Hinweise:

- Zum Einstieg bietet es sich an, die Schülerinnen und Schüler kurz nach ihren individuellen Lernstrategien (z. B. für Klausuren) zu fragen. In Form einer Meldekette können hierbei viele Schülerinnen und Schüler aktiviert werden und über ihre Lernwege reflektieren.
- In der Erarbeitungsphase können Informationen zum Lernen z. B. aus einem Film gewonnen werden (z. B. aus Planet Schule: <https://www.planet-schule.de/wissenspool/dein-gehirn/inhalt/sendungen/erinnere-dich.html> [03.01.2020] – hier werden u. a. von dem bekannten Neurobiologen Manfred Spitzer Erklärungen zu den Lernstrategien gegeben). Ein Arbeitsauftrag könnte lauten: „Notieren Sie kurz Informationen zu Lernformen, Emotionen und Schlaf.“ (Erwähnung im Film finden Lernformen (Ausprobieren, Nachahmung, Abfragen mit Bewegung, Lernen mit Bildern), Emotionen (Angsteinfluss) und die Reorganisation von Gelerntem im Schlaf im Langzeitgedächtnis (LZG)).
- Alternativ bzw. ergänzend können in einer weiteren Erarbeitungsphase die Schülerinnen und Schüler in arbeitsteiliger Partnerarbeit weitere Informationen sammeln und in einer anschließenden Share-Phase Ratschläge und Tipps für Lernstrategien als Ratgeber formulieren.
- Diese Ratgeber für Lernstrategien werden in der Sicherungsphase von verschiedenen Teams vorgestellt und im Plenum/Unterrichtsgespräch gemeinsam besprochen.

- Hierbei kann der Leistungskurs nochmals konkret die Relevanz der Plastizität des Gehirns für das Lernen ableiten.
- Da diese Stunde sehr lebensweltbezogen für die Schülerinnen und Schüler ist, empfehlen wir sie für den Grundkurs. Im Rahmen des Kernlehrplans ist diese Unterrichtseinheit jedoch nicht dringend erforderlich.

Unterrichtseinheit 6 (Einzelstunde): Bewertung Neuroenhancer

Erläuterungen/Hinweise:

- Aufgrund der beiden recht umfassenden Erarbeitungsphasen sollte eine kurze informative Einstiegsphase erfolgen, in der die Lehrkraft den Rückbezug auf den Reihenkontext und die Problematisierung der Einnahme von Neuroenhancern vornimmt.
- Die Einzelstunde ist in zwei Erarbeitungsphasen unterteilt, wobei in einer ersten Phase die Schülerinnen und Schüler die sachlichen Grundlagen zur Wirkungsweise von Neuroenhancern erarbeiten. In einer zweiten Erarbeitungsphase können die Schülerinnen und Schüler nun aufgrund ihrer fundierten Kenntnislage zum Themenbereich „Plastizität des Gehirns und Lernen“ eine umfassende Bewertung zur Ausgangsfrage „Einnahme von Neuroenhancern?“ vornehmen.
- Die vorgeschlagene Vorgehensweise der Bewertung ist angelehnt an Methodenseiten der gängigen Lehrwerke. Hier können auch ethische Theorien nachgelesen werden. Es hat sich daher bewährt, dass die Schülerinnen und Schüler auch die Schulbücher zur Erarbeitung heranziehen.
- Auf dem Arbeitsblatt zur Bewertung sind bereits Beispiele für Handlungsoptionen und Werte genannt, sodass Hilfen für eine zielführende Erarbeitung gegeben sind.

Unterrichtseinheit 7 (Doppelstunde): Alzheimer Mystery

Aufgabenblatt...

Warum braucht Herr Müller einen Stadtplan?



Hintergrund

Herr Müller ist 72 Jahre alt. Er lebt mit seiner Frau Susanne in einem schönen Reihenhaus am Stadtrand von Düsseldorf. Früher hatte er viele Hobbys und ging viel wandern. Auch traf er sich oft mit ehemaligen Arbeitskollegen. Er hat in einem Aluminium-Werk als Schweißer gearbeitet. Doch die Kontakte sind weniger geworden. Herr Müller zieht sich mehr und mehr zurück. Jetzt geht er meist mit seiner Frau raus. Wenn seine Frau verhindert ist, nimmt er einen Stadtplan, in den seine Frau alle wichtigen Orte aus seinem Alltag eingezeichnet hat. Oft geht er aber auch gar nicht mehr aus dem Haus, sondern sitzt niedergeschlagen in seinem Sessel.

Aufgabenstellung

- 🔍 Lesen Sie das Arbeitsmaterial (die Mystery-Karten) durch. Klären Sie Verständnisprobleme untereinander.
- 🔍 Lösen Sie das Rätsel, indem Sie die Mystery-Karten nach einer logischen Reihenfolge sortieren.
- 🔍 Erstellen Sie ein Fließdiagramm zur Beantwortung der Frage nach folgender Gliederung: *Frage, Hypothese, Hinweise aus den Karten (geordnet nach Relevanz), Beantwortung der Frage*. Begründen Sie Ihre Wahl der Hinweise und Ihre Antwort.

Abbildung 3: Unterrichtseinheit 7

Erläuterungen/Hinweise und Unterschiede Grundkurs und Leistungskurs:

- Der eigentliche Rahmen der Unterrichtsreihe „Plastizität des Gehirns und Lernen“ ist in der vorherigen Stunde durch die Bewertung der Einnahme abgeschlossen. Es bietet sich allerdings an, die inhaltliche Erarbeitung der degenerativen Erkrankung hier direkt anzuschließen, da die Schülerinnen und Schüler die neurobiologischen Grundlagen und den Umgang mit bildgebenden Verfahren präsent haben und diese sogar hier vertiefen können.
- Diese Stunde ist insofern optional, als dass die Kompetenz („recherchieren und präsentieren aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse zu einer degenerativen Erkrankung“) auch in einem anderen Stundenkontext bereits angebahnt wurde. Es bietet sich aber besonders im Kontext von Neuroenhancern an, diese Kompetenz zu integrieren, da hier alle in dieser Reihe erworbenen Kompetenzen zusammengeführt, vertieft und angewandt werden, z. B. Zeichnungen von fMRT-Bildern und PET-Scans.

- Es erfolgt eine Differenzierung zwischen Leistungs- und Grundkurs, indem der Leistungskurs die degenerative Krankheit Alzheimer mit den Symptomen einer Depression vergleicht, der Grundkurs hingegen auf die Recherche zu Alzheimer fokussiert ist.
- Die Methode Mystery eignet sich besonders gut, um die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu recherchieren und zu präsentieren (Kommunikationskompetenz).
- Die vierte Aufgabenstellung kann ggf. auch im Anschluss in einer zweiten Erarbeitungsphase oder als Hausaufgabe erfolgen. Sie nimmt hier aber auch erfahrungsgemäß nichts vorweg, da die Karteninhalte die Krankheit Alzheimer direkt offenlegen. Die Bearbeitung der Schülerinnen und Schüler soll vielmehr einerseits das wissenschaftliche Vorgehen schulen, andererseits eine Erklärung auf molekularbiologischer Ebene beinhalten.

3 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Perspektiven

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die erstellte Unterrichtsreihe die Erarbeitung des inhaltlichen Schwerpunktes „Plastizität und Lernen“ effektiv ermöglicht und eine mögliche Grundlage für eine Klausur darstellt, wobei die einzelnen Unterrichtseinheiten auch losgelöst von der dargestellten Reihe in eine individuelle Planung integriert werden können. Die Differenzierungsmaterialien sowie die flexible Handhabung der Materialien ermöglichen die Übertragung auf verschiedene Lerngruppen. Die Schülerinnen und Schüler berichten über eine hohe Lernmotivation aufgrund des realen Lebensweltbezugs. Sie bewerten die selbst erstellten BrainMaps als gute Grundlage für ihren Lernprozess und damit auch als sinnvolle Unterstützung im Rahmen der Abiturvorbereitungen. Die Unterrichtsreihe bietet eine sinnvolle nachhaltige Aneignung von Fähigkeiten zur Modellarbeit – vor allem auch auf der Metaebene.

Perspektivisch können kontextualisierte Unterrichtseinheiten besonders für den gesamten Themenbereich Neurobiologie erstellt werden, um den Schülerinnen und Schülern einen motivierenden Rahmen für die sehr abstrakten Unterrichtsinhalte zu schaffen. Insbesondere die Grundkurse können hierdurch eine höhere Lernmotivation erhalten. Auch die Entwicklung der Brain-Map kann auf andere Unterrichtssequenzen – nicht nur in der Neurobiologie – übertragen werden.

Literatur

- Dodou, K. & Nazar, H. (2013). Cognitive enhancers: what they are, how they work and what is in the pipeline. *The Pharmaceutical Journal* 290, 205. Verfügbar unter <https://www.pharmaceutical-journal.com/news-and-analysis/cognitive-enhancers-what-they-are-how-they-work-and-what-is-in-the-pipeline/11117394.fullarticle?firstPass=false> [10.01.2020].
- Friedrichs, D. & Edeler, I. (2018). Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht. Eine Unterrichtsreihe zur Entwicklung des Biomembran-Modells im historischen Erkenntnisweg. In G. Trendel & J. Roß (Hrsg.), *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten. Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken* (Beiträge zur Schulentwicklung | Praxis, 1. Auflage) (S. 175–192). Münster: Waxmann.

- Metzinger, T. (2013). *Zehn Jahre Neuroethik des pharmazeutischen kognitiven Enhancements*. Verfügbar unter <http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/bioethik/160497/neuroethik-des-pharmazeutischen-kognitiven-enhancements#footnode22-22> [10.01.2020].
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen*. Biologie. Düsseldorf.
- Mohamed, A. D. & Sahakian, B. J. (2012). The ethics of elective psychopharmacology. *International Journal of Neuropsychopharmacology* 15, 559–571.
- Mühlhausen, J. & Pütz, N. (Hrsg.) (2013). *Mysterys im Biologieunterricht* (3. Aufl.). Hallbergmoos: Aulis.
- Roth, G. (2015). *Bildung braucht Persönlichkeit – Wie Lernen gelingt*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Schirp, H. (2007). Dem Lernen auf der Spur. Neurobiologische Modellvorstellungen und neurodidaktische Zugänge zur Lern- und Unterrichtsgestaltung. In Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), *Unterrichtsgestaltung in naturwissenschaftlichen Fächern* (S. 8–22). Stuttgart: Klett.
- Schuler, S. (2005). Mysterys als Lernmethode für globales Denken. *Praxis Geographie* 4, 22–27.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler N., Weirich, S. & Henschel, S. (Hrsg.) (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.

Projektgruppe

Isabel Edeler, Theodor-Heuss-Gymnasium Essen

Dr. Dagmar Friedrichs, Albertus-Magnus-Gymnasium Bensberg

Kompetenzorientierung im Fach Technik

Entwicklung kompetenzorientierter Unterrichtsreihen am Beispiel des Anfangsunterrichts illustriert

SONJA JANECK, ANDREAS KAUN, HENDRIC KIPP, HANS-HERMANN KÖSTER

Schülerinnen und Schüler kommen zu Beginn des Anfangsunterrichts überwiegend hoch motiviert in das neue Unterrichtsfach „Technik“ mit der Erwartung, möglichst schnell aktiv werden zu können. Sie wollen praktisch arbeiten und sinnvolle Bauprojekte mit Gebrauchswert herstellen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung sind fachliche und handwerkliche Grundkenntnisse, die jedoch erfahrungsgemäß immer weniger vorausgesetzt werden können. Es besteht bei den Lernenden also oftmals eine Schere zwischen Erwartungen und schon vorhandenen Fertigkeiten. Um dieses Ungleichgewicht auszugleichen, werden oft Unterrichtseinheiten durchgeführt, in denen von der Lehrerin/dem Lehrer vorgegebene Tätigkeiten, die wenige Freiheitsgrade zulassen, ausgeführt werden.

Dieses Vorgehen kann stark demotivierend wirken; insbesondere wenn der Bezug zum Unterrichtsgegenstand fehlt, keine eigenen Ideen mit eingebracht werden können und vor allem die Beurteilungskriterien unklar sind, kann das zu großer Frustration führen. Abbildung 1 zeigt die Rückmeldung einer Schülerin zum ersten Bauprojekt im Technik-Anfangsunterricht. Man erkennt, dass sie aufgrund fehlender transparenter Kriterien ihr Werkstück sehr negativ bewertet, obwohl es die durchschnittlichen Ergebnisse ihrer Altersstufe deutlich übertroffen hatte.

Auch der Einsatz vorgefertigter Bausätze aus dem Lehrmittelhandel vergibt die Chance einer eigenen, kreativen Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand (Geißel & Gschwendtner, 2018).

Der hier vorgestellte Ansatz versucht die Motivation der Schülerinnen und Schüler aufzugreifen und insbesondere die Urteils- und Entscheidungskompetenz weiterzuentwickeln. Dies wird erreicht, indem verschiedene Problemlösungswege hinsichtlich transparenter Kriterien bewertet werden. Das ist nur möglich, wenn der Unterrichtsgegenstand Variationsmöglichkeiten bezüglich der praktischen Umsetzung enthält und die Interessen der Lernenden berücksichtigt werden.

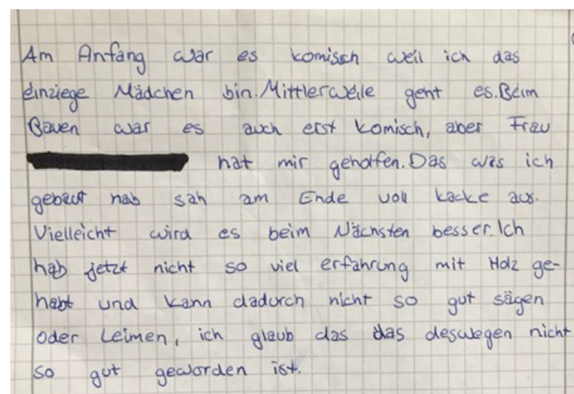


Abbildung 1: Beispiel einer Schülerstellungnahme nach einem ersten, aus Lehrersicht durchaus gelungenen Bauprojekt

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Im Rahmen der vorliegenden SINUS-Projektarbeit ist ein Planungsraster mit dem Anspruch entwickelt worden, die Handlungs- und Urteilskompetenz bei der Unterrichtsplanung und -gestaltung in den Fokus zu rücken.

Ein Hauptanliegen in der Arbeit mit dem Planungsraster ist die eigenständige Entwicklung von Lösungen und Lösungswegen für technische Probleme durch die Lernenden. Des Weiteren sollen technische Sachverhalte, Systeme und Verfahren vor dem Hintergrund relevanter, auch selbst entwickelter Kriterien erstellt werden. Die Schülerinnen und Schüler formulieren einerseits einen eigenen Standpunkt und prüfen in Ansätzen, inwiefern das eigene Urteil begründet ist. Weiterhin erörtern sie Möglichkeiten, Grenzen und Folgen von technischem Handeln. Dabei entdecken die Lernenden selbstständig Schwierigkeiten und Problemstellen ihrer Ideen, die durch die Lehrperson nicht fremdkorrigiert werden (Geißel & Gschwendtner, 2018, S. 196). Darüber hinaus entscheiden sie eigenständig in technischen Handlungssituationen und begründen sachlich ihre Position.

Damit eine hohe Unterrichtsqualität erreicht werden kann, verweisen Geißel & Gschwendtner (2018, S. 185) darauf, dass ein Technikunterricht auf der Sichtstrukturebene fachpraktische Arbeiten realisieren soll, um die Lernenden auf der Tiefenstrukturebene kognitiv zu aktivieren. Dadurch eignen sich die Lernenden durch sensorisch-haptische Lernerfahrungen fachpraktische Fähigkeiten (z. B. technisches Problemlösen) und Fertigkeiten (z. B. sicherheitsgerechter und fachmännischer Umgang mit Material, Werkzeug und Maschinen) an.

Diese Aktivierung kann mithilfe des von der Projektgruppe entwickelten und an einem konkreten Beispiel erprobten Planungsraster (Abbildung 3) erfolgen, in dem immer die Werkaufgabe im Fokus der Schülerinnen und Schüler steht. Dieses Raster orientiert sich an dem Lehr-Lernmodell von Leisen und dem Basismodell Problemlösen nach Oser (Leisen, 2011; Oser & Patry, 1990).

Die Phasen „Einigen auf eine Lösung“ und „Bewertungskriterien entwickeln“ ermöglichen in besonderer Weise die Entwicklung von Urteilskompetenzen (UK). Hier werden technische Sachverhalte, Systeme und Verfahren vor dem Hintergrund relevanter, auch selbst entwickelter Kriterien beurteilt (UK 1), die Schülerinnen und Schüler formulieren einen eigenen Standpunkt und prüfen in Ansätzen, inwiefern das eigene Urteil begründet ist (UK 2). Außerdem lernen sie eigenständig in technischen Handlungssituationen zu entscheiden und ihre Position sachlich zu begründen (UK 4). Die beschriebenen Kompetenzerwartungen beziehen sich auf den Kernlehrplan für das Fach Technik an Realschulen (MSW, 2015b); in den Kernlehrplänen der Schulformen Hauptschule (MSW, 2013b) und Gesamtschule (MSW, 2013a, 2015a) finden sich vergleichbare Formulierungen. Das vorgestellte Planungsraster lässt sich ebenso für die Unterrichtsplanung für den Technikunterricht an Gymnasien anwenden.

Die SINUS-Projektarbeit bezieht sich explizit auf den Anfangsunterricht im Fach Technik und damit auf die Inhaltsfelder „Sicherheit am Arbeitsplatz“ und „Fertigungsprozesse“. Diese Inhaltsfelder sind in den Kernlehrplänen der Schulformen Haupt-, Real-, Sekundar- und Gesamtschule obligatorisch vorgesehen. Die erarbeiteten Konzeptionen und Materialien können auch auf die Inhaltsfelder „Planung und Entwicklung“ sowie „Konstruktion und Fertigung“ des Kernlehrplans für das Gymnasium (MSB, 2019) bezogen werden.

Bezogen auf den Anfangsunterricht sollen Schülerinnen und Schüler übergeordnete Methoden und Verfahrenskompetenzen erwerben. Dazu gehören Verfahren der Informationsbeschaffung und Informationsentnahme, Verfahren der Aufbereitung, Strukturierung, Analyse und Interpretation sowie Verfahren der Darstellung und Präsentation. Des Weiteren sollen übergeordnete

Handlungskompetenzen erlernt werden. Dabei sollen Schülerinnen und Schüler Werkstoffe be- und verarbeiten, Maschinen und Geräte bedienen, in kommunikativen Zusammenhängen Lösungen und Lösungswege für einfache fachbezogene Probleme entwickeln und diese ggf. umsetzen.

2 Vorstellung ausgewählter Produkte

Am Unterrichtsgegenstand „Planung und Herstellung eines Futterdachs“ wird erläutert, wie Schülerinnen und Schüler Lösungen für ein technisches Problem selbst entwickeln, sich auf eine Idee einigen und diese praktisch umsetzen, um die Ergebnisse nach entwickelten Kriterien zu bewerten. Dabei ist das beschriebene Planungsraster (vgl. Abbildung 3) die Grundlage für die Unterrichtsplanung der Lehrkraft. Hinweise auf entsprechende konkretisierte Kompetenzerwartungen werden separat für jede Unterrichtseinheit ausgewiesen.

Im Lernkontext ankommen

Die Schülerinnen und Schüler lernen konkretisierte Sach-, Urteils- und Entscheidungskompetenzen im Bereich des Inhaltsfeldes 1 kennen. Dazu gehören insbesondere:

- Sicherheit (Fluchtwege/Not-Aus/Brandmelder/Feuerlöscher)
- Werkstattordnung/Verhalten im TC-Raum
- Betriebsanweisungen für Maschinen usw.

Problem generieren / Problem präzisieren (1. UStd.)

Den Schülerinnen und Schülern wird die Problemstellung präsentiert:

Es soll aus Holz ein Wetterschutz für einen Meisenknödel entworfen und gebaut werden. Die Problemstellung muss weiter präzisiert werden, um sicherzustellen, dass möglichst realisierbare Lösungen entwickelt werden. Daher sind die folgenden Bedingungen bei der Entwicklung eines Plans zu berücksichtigen: Nasseschutz des Meisenknödels, möglichst sparsamer Einsatz des Materials, möglichst geringe Fertigungszeit und Umsetzung mit der vorhandenen Ausstattung.

Lösungsvorschläge entwickeln (1. UStd.)

Im ersten Schritt werden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, einen Entwurf als Skizze anzufertigen. Dabei wird bewusst keine Festlegung auf z. B. Bemaßung, Ansicht, räumliche Darstellung etc. getroffen, weil die Zeichenfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler sehr unterschiedlich sind. Die in dieser Phase entstandenen Entwurfsskizzen zeigen sehr unterschiedliche Lösungsvorschläge (Abbildung 2):

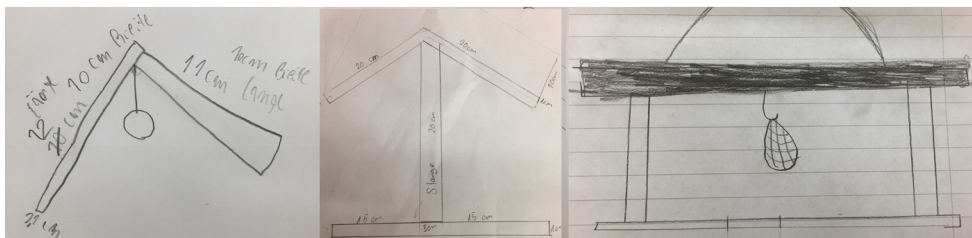


Abbildung 2: Skizzen der Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Lösungsansätzen der Problemstellung (Erläutern einfacher technischer Zeichnungen, kSK4)

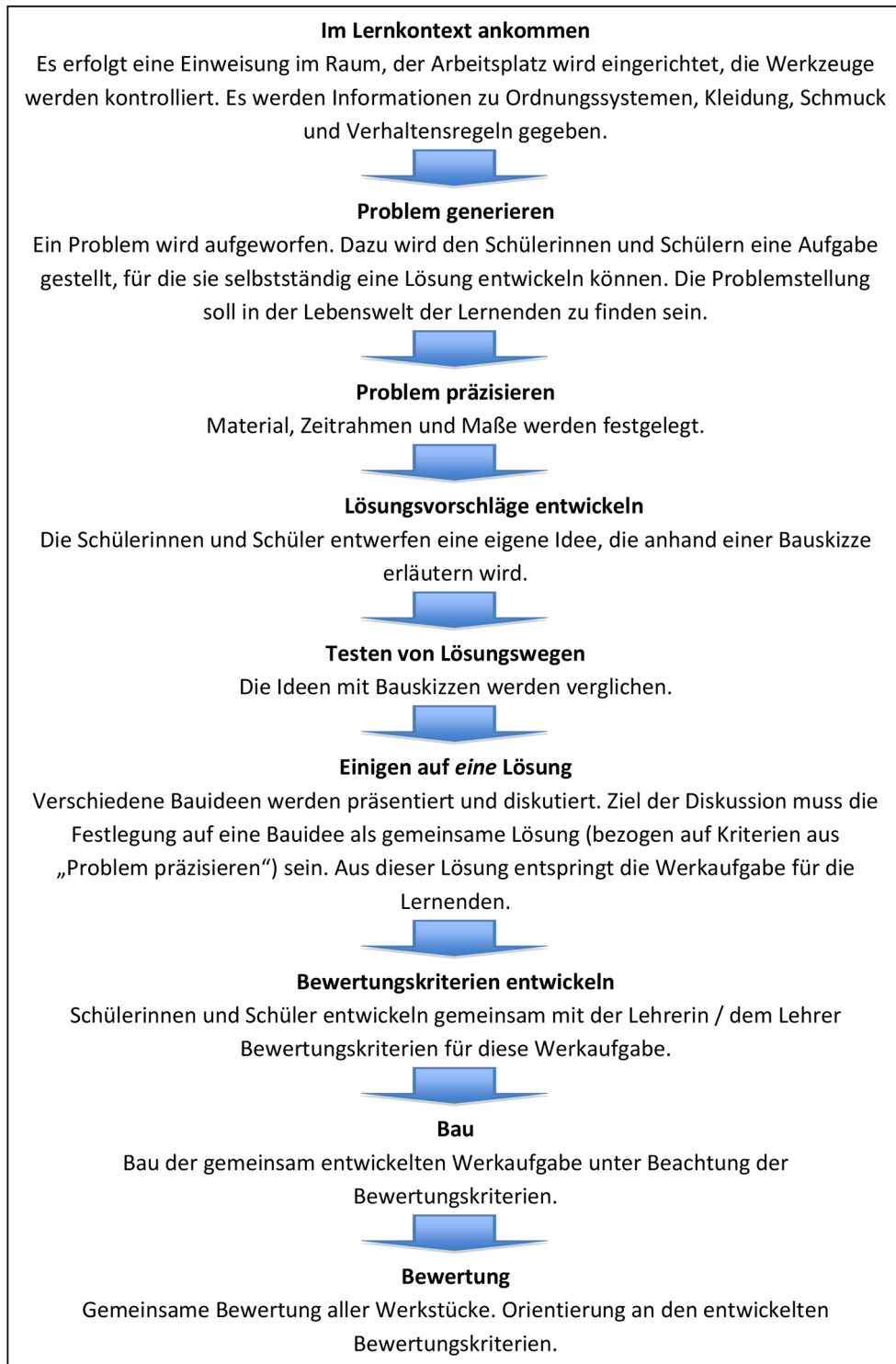


Abbildung 3: Erweitertes Planungsraster in Anlehnung an Leisen, 2011; Oser & Patry, 1990

Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse (2. UStd.)

Die unterschiedlichen Entwürfe werden vorgestellt, hinsichtlich der oben genannten Kriterien diskutiert und auf ihre Umsetzbarkeit hin überprüft. Dabei ist entscheidend, dass auch Lösungen, die als zu schwierig oder zu aufwendig beurteilt werden, erprobt werden können. Dadurch können die Schülerinnen und Schüler eigene Erfahrungen sammeln.

Im Folgenden wird geklärt, welche Werkzeuge für die Umsetzung der Entwürfe benötigt und zugelassen werden. Falls Kleinmaschinen (Dekupiersäge,

Tellerschleifer oder Säulenbohrmaschine) an dieser Stelle zum Einsatz kommen sollen, muss zuvor eine Einführung mit Sicherheitsunterweisung durchgeführt werden. Für die Unterweisung werden zwei Unterrichtsstunden benötigt (3. und 4. UStd.). Dazu können kleinere Bauaufgaben gestellt werden, an denen die Schülerinnen und Schüler den sicheren Umgang mit den Kleinmaschinen üben können.

Testen von Lösungswegen (5. und 6. UStd.)

Die Schülerinnen und Schüler haben zwei Unterrichtsstunden zur Verfügung, ihre Entwürfe zu erproben und möglichst weit zu verwirklichen. Wenn möglich, sollten sie angehalten werden, eigene Materialquellen zu erschließen. Die Lehrkraft sollte unbedingt einen ergänzenden Materialfundus bereithalten. Die Eignung des jeweiligen Materials für den Außenbereich sollte von der Lehrkraft möglichst noch nicht hinterfragt werden, weil die Schülerinnen und Schüler hier eigene Erfahrungen machen sollen.

Die Lehrkraft ist sowohl Helfer als auch Ratgeber, achtet auf die Sicherheit an den Kleinmaschinen und gibt Hinweise zur richtigen Verwendung der Werkzeuge. Die Konstruktionen werden in dieser Phase noch nicht bewertet.



Abbildung 4: Realisierte Bauobjekte nach oben abgebildeten Schülerskizzen

Die Arbeit sollte nach zwei Stunden beendet sein und kann abgebrochen werden, wenn schon die grundsätzliche Konstruktion erkennbar ist. In dieser Phase sollte die Arbeitszeit der Schülerinnen und Schüler nicht ausufern.

Einigen auf *eine* Lösung (7. und 8. UStd.)

Ziel der folgenden Unterrichtsphase ist die Einigung auf ein Modell, das anschließend von jedem Lernenden nach klaren Vorgaben und vorher festgelegten Bewertungskriterien gebaut wird. An dieser Stelle wird besonders die Entscheidungs- und Urteilskompetenz der Schülerinnen und Schüler gefördert (MSW, 2015b, S. 15).

Zu Beginn präsentieren die Schülerinnen und Schüler ihre Modelle, die sie zuvor nach der Entwurfsskizze erstellt haben. Im Folgenden werden Vor- und Nachteile der vorgestellten Modelle diskutiert. Die folgenden Kriterien dienen als Diskussionsgrundlage:

- Machbarkeit
- Materialbedarf
- Zeitbedarf
- Materialeignung für den Außenbereich¹
- eventuelle Markteignung (Ist der Entwurf für andere [z. B. Eltern, Schülerschaft] interessant?)

¹ Fotos von der Witterung ausgesetzten Holzproben stehen als Ergänzung zu diesem Artikel unter www.sinus.nrw.de.

Nach ausführlicher Diskussion wird ein Modell ausgewählt, das als Werkaufgabe für alle Schülerinnen und Schüler gestellt wird (Abbildung 5). Entscheidend ist, dass alle Lernenden an der Entwicklung und Ausprägung dieses Prototyps mitgewirkt haben und dass dessen spätere Bewertung transparent ist.



Abbildung 5: Prototypen verschiedener Meisenknödel Futterdächer

Bewertungskriterien entwickeln (noch 7. und 8. UStd.)

Die Beurteilungskriterien sollen gemeinsam anhand des festgelegten Prototyps erarbeitet und festgehalten werden. Dazu werden im gemeinsamen Gespräch u. a. an den vorliegenden Modellen Kriterien aus dem Lebensalltag und den Lebenserfahrungen der Schülerinnen und Schüler formuliert, z. B. dass Bohrungen in einer Reihe liegen und Holzkanten ohne Spalten miteinander verbunden sein sollten. Durch Aushang der Kriterien kann die spätere Bewertung vorbereitet werden. Diese Transparenz und Klarheit wirkt sich sehr positiv auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler aus und sorgt für eine realistische Erwartungshaltung.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass am Ende dieses Unterrichtsschritts ein Prototyp entwickelt wurde, der

- vorher gemeinsam verbessert und vereinfacht wurde,
- in Materialauswahl und Zusammensetzung festgelegt wurde und
- in Form und Größe optimiert wurde.

Falls ein Prototyp gefunden wird, der stark von den zuvor erstellten Modellen abweicht, kann es sinnvoll sein, dass die Lehrkraft nach den Vorgaben der Schülerinnen und Schüler ein weiteres Modell baut, das die neuen Ideen und Vorstellungen aufnimmt, um die nachfolgende Bauaufgabe anschaulicher zu machen.

Anhand des Prototyps können technische Details ausführlicher besprochen werden. Es kann beispielsweise darum gehen, welche Eckverbindungen bei Holzkonstruktionen üblich sind. Die Bauphase kann erst beginnen, wenn folgende Fragen geklärt wurden:

- Was soll gebaut werden?
- Aus welchem Material soll gebaut werden?
- Wie erfolgt der Zusammenbau?
- Nach welchen Kriterien wird beurteilt?

Bau (9. – 11. UStd.)

Die Schülerinnen und Schüler bauen auf Grundlage des Prototyps ein Werkstück (Abbildung 5, links). Die Lehrkraft unterstützt bei aufkommenden Rückfragen, beaufsichtigt die Arbeit an Kleinmaschinen und koordiniert die Arbeiten der Schülerinnen und Schüler.

Die Arbeitsschritte beim Bau des Futterdaches werden in Abbildung 6 nachvollziehbar dargestellt.



Abbildung 6: Fotodokumentation der Bauphasen

Bauphasen: 1. Rohmaterial; 2. Längenzuschnitt; 3. Längenanriss; 4. Ablängen; 5. Anreißen der Bohrlöcher; 6. Bohren; 7. Senken; 8. Montieren.

Bewertung (12. UStd.)

Die Bewertung erfolgt auf Grundlage der gemeinsam entwickelten Kriterien (siehe 7. und 8. UStd.) durch die Schülerinnen und Schüler. Diese Kriterien wurden vor der Bauphase festgelegt und in eine Tabelle übertragen. Die Tabelle sollte für alle jederzeit transparent und einsehbar sein. Die Werkstücke sollen anonymisiert und von jedem einzelnen Lernenden in einer kopierten Tabellenvorlage mit abgedrucktem Arbeitsauftrag bewertet werden:

Tabelle 1: Beispiel einer anonymisierten Schülerbewertung

Kriterium \ Nr. des Werkstückes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
	Übergang der Flächen muss bündig sein										
Dach muss gerade hängen Haken soll mittig sein											
Holz nicht spalten Schrauben gut gesenkt											
Seitenlänge gleichmäßig lang											
Sägerau innen, Kanten gebrochen											

Mögliche Erweiterungen zum Projekt Futterdach

Technisches Zeichnen: Wenn der Prototyp feststeht oder schon gebaut worden ist, kann nach der Einführung der Linienarten und ihrer Verwendung eine technische Zeichnung des Prototyps erstellt werden.

Materialkunde: Wenn die Materialauswahl für die Prototypen ansteht, kann beispielsweise ein Besuch beim Holzhändler oder im Sägewerk gemacht werden, um die Materialeignung zu überprüfen. Alternativ ist auch eine Inter-

netrecherche möglich. Vertiefend kann auch der Weg vom Baum zum Brett verfolgt werden; dazu sind viele Filme verfügbar.

Auch die Option einer „Verklebung“ für den Außenbereich kann im Gespräch mit Experten oder durch Recherche (z. B. Sicherheitsdatenblätter) hinterfragt werden.

Hinweis: In der Regel ist die Handhabung wasserfester Leime für Schülerinnen und Schüler nicht erlaubt.

Serienfertigung: Am Ende der beschriebenen Unterrichtseinheit kann zusätzlich die Organisation einer Serienfertigung stehen. Dazu eignet sich die Fragestellung: „Wie können wir unseren (evtl. weiter verbesserten) Entwurf kostengünstig und schnell in Serie fertigen?“

3 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Perspektiven

Das Unterrichtsvorhaben wurde an zwei Realschulen (im 7. Jahrgang Wahlpflicht Technik), einer Gesamtschule (Jahrgang 6 und 9 Wahlpflicht) und einer Förderschule Lernen (Jahrgang 7 Arbeitslehre) erprobt und durchgeführt. Im Zentrum des Unterrichts stand die Beschäftigung mit einer vorstrukturierten und dennoch für Schülerideen offenen Werkaufgabe.

Es hat sich gezeigt, dass die Orientierung an Schülerinteressen, die Ermunterung, eigene Ideen zu entwickeln und zu erproben, die Motivation stark gefördert und dazu geführt hat, dass diese Motivation auch lange erhalten blieb. Durch die gemeinsame Festlegung auf einen geeigneten Unterrichtsgegenstand war es möglich, Teilthemen des Technikunterrichts, die oft als einzelne isolierte Themen behandelt werden, an der konkreten gemeinsam entwickelten Bauaufgabe als Exkurs zu unterrichten. Je nach schulischer Situation, Vorgaben des schulinternen Lehrplans und Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler sind dabei ganz verschiedene Abläufe möglich.

So führte die geplante Verwendung des Bauegegenstands im Außenbereich wie von selbst zum Thema Materialkunde: „Welche Hölzer, Plattenwerkstoffe und Eckverbindungen sind geeignet und witterungsbeständig?“ Auch das Thema „Technisches Zeichnen“ war in das Unterrichtsvorhaben von Anfang an integriert: Von der technischen Skizze zu Beginn bis zur Dreitafelprojektion und der Frage, „Wie bemaßt man richtig?“ entwickelten sich – aus der Arbeit am konkreten Bauteil – Anforderungen und verschiedene Schwierigkeitsgrade des Technischen Zeichnens. Sehr interessant war hier, wie unterschiedlich die Zeichenfähigkeit der Schülerinnen und Schüler am Anfang war. Das ergab für die Lehrenden eine gute Gelegenheit Vorwissen und Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler abzuschätzen.

Neben der häufig im Vordergrund stehenden Sachkompetenz im Technikunterricht verschiebt sich in diesem Ansatz der Schwerpunkt in Richtung Handlungskompetenz und Urteils- und Entscheidungskompetenz.

Am Ende stand in diesem konkreten Unterricht eine Serienfertigung, die die Schülerinnen und Schüler mitgeplant und entwickelt haben. Getragen von der hohen Anfangsmotivation „ihre gemeinsame Idee zu verwirklichen“ kam automatisch die Frage auf, wie man schnell gute Produkte bauen kann, also eine kostengünstige rationale Fertigung erreicht. Diese Erfahrungen sind sicher auch für spätere Unterrichtsvorhaben fruchtbar.

Es ist ohne Weiteres denkbar, Ansätze dieser Arbeit auch bei der Verarbeitung von Metall oder Kunststoff zu nutzen (Abbildung 7). Die Unterrichtseinheit lässt sich auch verkürzen, indem bestimmte Teilbereiche (Materialkunde, Technisches Zeichnen) auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

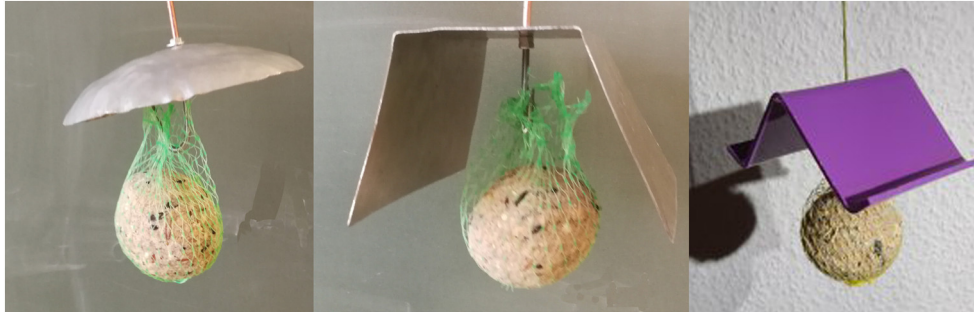


Abbildung 7: Knödeldach in Metall und Kunststoff

Die gemeinsame Auswahl des Baugegenstands und seiner Bewertungskriterien unter breiter Mitwirkung der Schülerinnen und Schüler führt auf Schülerseite dazu, dass Unterricht transparenter und in seiner Abfolge und Leistungsbewertung besser nachvollziehbar wird.

Auch für die Lehrkraft ergeben sich aus dem o. g. Vorgehen Vorteile: Sie lernt die – in der Regel – neue Gruppe in ihrer Heterogenität kennen und hat Zeit und Gelegenheit, die Arbeit der Lerngruppe zu beobachten. Vom Geschick der Lehrkraft hängt es allerdings auch ab, ob die mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam definierte Bauaufgabe dem schulinternen Lehrplan und der Leistungsfähigkeit der Lerngruppe entspricht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Vorgehen nach diesem Planungsraster

- die Motivation der Schülerinnen und Schüler stark fördert,
- den Schülerinnen und Schülern das Gefühl gibt, im neuen Unterrichtsfach ernst genommen zu werden,
- die Urteilsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler fördert,
- den Unterricht und die Leistungsbewertung für Schülerinnen und Schüler transparenter macht,
- der Lehrkraft die Gelegenheit gibt, die Heterogenität der Lerngruppe besser in den Blick zu nehmen,
- Flexibilität von der Lehrkraft erfordert,
- die Einbindung unterschiedlicher Teilthemen des Technikunterrichts ermöglicht,
- einen Transfer auf spätere Unterrichtsthemen ermöglicht,
- auch Schülerinnen und Schüler in inklusiven Lerngruppen ihre eigenen Ideen vorstellen, einbringen und entsprechend ihrer Fähigkeiten umsetzen können.

Literatur

- Geißel, B. & Gschwendtner, T. (2018). *Wirksamer Technikunterricht* (Unterrichtsqualität. Perspektiven von Expertinnen und Experten, Bd. 10, 1. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Leisen, J. (2011). Kompetenzorientiert unterrichten. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 22 (123, 124), 100–106.

- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen*. Wahlpflichtfach Technik (Schule in NRW, Bd. 34221, 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2013a). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen*. Arbeitslehre Hauswirtschaft, Technik, Wirtschaft (Schule in NRW, Bd. 3103, 2. Aufl.). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2013b). *Kernlehrplan für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen*. Arbeitslehre Hauswirtschaft, Technik, Wirtschaft (Schule in NRW, Bd. 3206, 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2015a). *Kernlehrplan für die Gesamtschule/Sekundarschule in Nordrhein-Westfalen*. Wahlpflichtfach Arbeitslehre Hauswirtschaft/Technik/Wirtschaft (Schule in NRW, Bd. 31031). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2015b). *Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen*. Wahlpflichtfach Technik (Schule in NRW, Bd. 33171). Düsseldorf.
- Oser, F. & Patry, J.-L. (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts* (Berichte zur Erziehungswissenschaft, Nr. 89). Freiburg (Schw.): Pädagogisches Institut der Universität.

Projektgruppe

Sonja Janeck, Kuhlenkampfschule Förderschule Lernen, Minden

Andreas Kaun, Ernst-Barlach-Realschule, Herford

Hendric Kipp, Kurt-Tucholsky-Gesamtschule, Minden

Hans-Hermann Köster, Realschule Bad Salzuflen Aspe, Bad Salzuflen

Das Niedrigenergiehaus

Erprobte Ideen zur Umsetzung des Kernlehrplans Wahlpflichtfach Technik im gymnasialen Bildungsgang der Sekundarstufe I

STEPHANIE EIDMANN, SONJA JESTÄDT, BETTINA LAAKS

Ziel dieses Projekts war es, das Unterrichtsvorhaben zum Thema Niedrigenergiehaus im Kontext des neuen Kernlehrplans Wahlpflichtfach Technik¹ für die Sekundarstufe I an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen weiter zu konkretisieren. Entstanden sind Unterrichtsmaterialien, die den Techniklehrkräften Unterstützung und Orientierung in ihrer fachlichen Arbeit geben, Neueinsteigern sowie fachfremden Kolleginnen und Kollegen den Einstieg in das Fach Technik erleichtern und Anregungen und Unterstützung geben können, selbst Materialien zu erstellen.²

Aber auch für Arbeitsgemeinschaften und Projekte zeigt das Unterrichtsvorhaben beispielhaft, wie technische Problemstellungen in einem motivierenden Kontext aufgegriffen, Schülerinnen und Schüler für Technik begeistert und die Bedeutung des Fachs Technik insgesamt gestärkt werden kann. Für MINT-Schulen ohne unterrichtliches Technikangebot kann z. B. im Fall einer Bewerbung auf ein MINT-Gütesiegel hin das vorliegende exemplarische Unterrichtsvorhaben genutzt werden, um Aktivitäten im Bereich Technik zu dokumentieren.

Die Arbeitsmaterialien sind so gestaltet, dass sie praxisnah im Unterricht eingesetzt werden können. Daher geben die Materialien Hinweise auf die benötigten Arbeitsutensilien sowie den einzuplanenden Zeitbedarf; außerdem enthalten sie didaktisch-methodische Kommentare, Bezüge zu den im neuen Kernlehrplan ausgewiesenen Kompetenzen und Lehrerlösungen. Aspekte des Unterrichtsvorhabens könnten auch im Technikunterricht anderer Schulformen Berücksichtigung finden.

Zusätzlich gibt das entwickelte Unterrichtsvorhaben den Nutzern Möglichkeiten der Differenzierung an die Hand, sodass die Materialien sowohl an unterschiedliche Lerngruppen als auch an unterschiedlich vorhandene technische und ausstattungsbezogene Infrastruktur angepasst werden können. Das Vorhaben bedarf keiner größeren kostspieligen Neuanschaffungen. Auch unterschiedliche Stundentafeln sowie individuelle Förderbedarfe können Berücksichtigung finden.

Der Einstieg in das Unterrichtsvorhaben kann optional über eine Einführung in das Unterrichtsfach Technik erfolgen. Im weiteren Verlauf wird der Energiebegriff eingeführt oder vertieft und Grundlagen der Solararchitektur erarbeitet. Über eine Einführung in das Technische Zeichnen gelangt man

1 Der Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen Wahlpflichtfach Technik tritt per Runderlass vom 23.06.2019 zum 01.08.2022 aufsteigend in Kraft. Fachkonferenzen können über einen früheren Einsatz entscheiden.

Verfügbar unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/> [31.08.2020].

2 Das Unterrichtsvorhaben greift Ideen von Claas Niehues und Markus Real auf, deren Vorhaben im Rahmen der Junior-Ingenieur-Akademie genutzt und von der Deutschen Telekom Stiftung gefördert wurde: https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/jia-broschuere_2018_final.pdf [02.09.2020].

schließlich in den Konstruktions- und Fertigungsprozess. Abschließend werden die Modellhäuser energietechnisch untersucht. Optional kann das Unterrichtsvorhaben nun zusätzlich um die Betrachtung der Eigenschaften von Passivhäusern ergänzt oder abgeschlossen werden.

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Das vorgestellte Unterrichtsvorhaben soll die Techniklehrkräfte hinsichtlich der Umsetzung des Technikunterrichts im Wahlpflichtbereich der Sekundarstufe I nach dem neuen Kernlehrplan unterstützen. Laut Runderlass des Ministeriums für Schule und Bildung vom 23.06.2019 tritt er aufsteigend zum 01.08.2022 in Kraft, Fachkonferenzen können über einen früheren Einsatz entscheiden.

Die Gestaltung des Technikunterrichts im Wahlpflichtbereich des Gymnasiums orientiert sich am Lebenslauf eines technischen Produkts, der sämtliche technische Methoden und Verfahren strukturiert verknüpft. Ziel ist es, dass die Schülerinnen und Schüler mithilfe technischer Verfahren ihre Umwelt im privaten, beruflichen und öffentlichen Leben zielorientiert und nachhaltig verändern und gestalten können. Das Unterrichtsvorhaben Niedrigenergiehaus eignet sich sowohl im eigenständigen als auch im kombinierten Wahlpflichtfach am Gymnasium der Sekundarstufe I als erstes Unterrichtsvorhaben (vgl. MSB, 2019a und MSB, 2019b).

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen gemäß dem neuen Kernlehrplan im Rahmen der Behandlung folgender obligatorischer Inhaltsfelder entwickelt werden:

- Inhaltsfeld 1: Planung und Entwicklung (IF 1)
- Inhaltsfeld 2: Konstruktion und Fertigung (IF 2)
- Inhaltsfeld 3: Distribution, Betrieb und Entsorgung (IF 3)

Das vorliegende Unterrichtsvorhaben ist so aufbereitet, dass es die Inhaltsfelder 1 und 2 fokussiert. Eine Erweiterung auf das Inhaltsfeld 3 ist möglich.

Inhaltliche Schwerpunkte werden auf die Bedarfsanalyse, das Lösungskonzept, die Dokumentation sowie auf Werkstoffe, Werkzeuge und Fertigungsverfahren gelegt. In den Übersichten zu den Unterrichtssequenzen sind gemäß den inhaltlichen Anknüpfungspunkten, die zu entwickelnden Kompetenzen des Kernlehrplans ausgewiesen.

Um zu verdeutlichen, wie sich das Fach Technik in seiner Struktur maßgeblich von klassischen Naturwissenschaften unterscheidet, stellt die erste Unterrichtssequenz eine allgemeine Einführung in das Fach Technik dar. Diese kann bei entsprechender Vorerfahrung oder anderer Verortung der Unterrichtsreihe im schulinternen Lehrplan entsprechend vorgezogen werden oder entfallen. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

Im Übersichtsraaster des konkretisierten Unterrichtsvorhabens sind zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenübertritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz die anzubahrenden Kompetenzen ausgewiesen. Es ist anzumerken, dass die hier dargestellte Zuordnung exemplarisch erfolgt und nur einen empfehlenden Charakter hat. Sie dient der individuellen Unterstützung der Lehrerinnen und Lehrer bei der Fachkonferenzarbeit, ohne deren pädagogische Freiheit einzu-

schränken. Bei einer Änderung durch die Fachkonferenz muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Kompetenzzuordnung ebenfalls vollständig erfolgt.

Um die Übersichtlichkeit in den Darstellungen zu wahren, werden für die Kompetenzen die folgenden Abkürzungen, wie sie auch in dem neuen Kernlehrplan verwendet werden, benutzt:

Sachkompetenz (SK), Methodenkompetenz (MK), Urteilskompetenz (UK), Handlungskompetenz (HK).

Auszug aus dem „Beispiel für einen schulinternen Lehrplan, Gymnasium Sek I, WP Technik“ (MSB, 2019a)

Jahrgangsstufe 9
<p><u>Unterrichtsvorhaben I:</u> <i>Draußen kalt und drinnen warm – das Niedrigenergiehaus</i></p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung:</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p><u>Sachkompetenz</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • stellen technische Sachverhalte und Problemstellungen unter Verwendung zentraler Fachbegriffe bildungssprachlich korrekt dar (SK 1), • analysieren technische Prozesse und Strukturen, auch mittels digitaler Werkzeuge (SK 3). <p><u>Methodenkompetenz</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • entnehmen Einzelmaterialien thematisch relevante Informationen, gliedern diese und setzen diese zueinander in Beziehung (MK 1), • identifizieren ausgewählte Eigenschaften von Materialien und technischen Systemen auch mit digitaler Messtechnik (MK 4), • interpretieren technische Darstellungen, einfache Schaltpläne, Diagramme sowie weitere Medien (MK 5), • erstellen unter Nutzung digitaler Medien u. a. technische Zeichnungen, Schaltpläne und Projektdokumentationen (MK 8), • präsentieren Arbeitsergebnisse nach vorgegebenen und selbst formulierten Kriterien (MK 9). <p><u>Urteilskompetenz</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen technische Sachverhalte, Systeme und Verfahren vor dem Hintergrund relevanter, auch selbst aufgestellter Kriterien (UK 1), • begründen einen eigenen Standpunkt unter Berücksichtigung soziotechnischer Aspekte (UK 2). <p><u>Handlungskompetenz</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • verarbeiten Werkstoffe nach vorgegebenen Verfahren (HK 1), • bedienen Werkzeuge, Messgeräte und Maschinen sachgerecht (HK 2), • erstellen technische Systeme oder Teilsysteme (HK 4). <p>Inhaltsfelder: IF 1: Planung und Entwicklung, IF 2: Konstruktion und Fertigung</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedarfsanalyse • Lösungskonzept • Dokumentation • Werkstoffe, Werkzeuge und Fertigungsverfahren <p>Weitere Vereinbarungen: [...]</p> <p>Zeitbedarf: ca. 45 UStd.</p>

Die hier aufgezeigte Unterrichtsreihe stellt beispielhaft dar, wie eine fachinhaltliche Zuordnung und Ausgestaltung der zu entwickelnden Kompetenzen in den Unterrichtssequenzen (siehe Abschnitt 2) erfolgen kann. Nach einer tabellarischen Übersicht zur Unterrichtssequenz folgt jeweils eine ausführliche Einführung in dieselbe. Hier sind allgemeine Hinweise, Material- und Werkzeuglisten sowie Vorschläge zur Durchführung enthalten.

Zu den zugehörigen Unterrichtseinheiten liegen wiederum tabellarische Übersichten vor. Diese bieten einen Überblick über das jeweilige Kernanliegen, die zu entwickelnden Kompetenzen sowie die entwickelten Lernmaterialien und es werden didaktische Hinweise für die Lehrkraft aufgelistet.

Die Unterrichtsmaterialien selbst sind so aufbereitet, dass sie Methoden und Arbeitsmittel für den täglichen Unterricht zur Verfügung stellen und zudem praxisnahe und erprobte Hilfen geben (vgl. Abbildung 1).

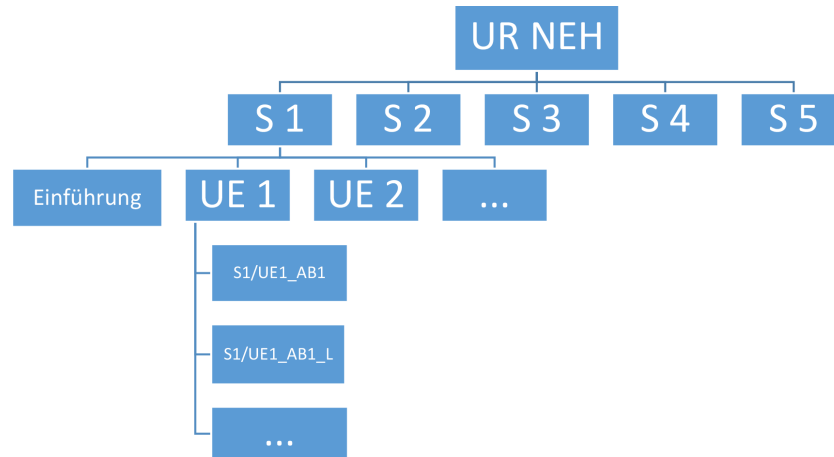


Abbildung 1: Struktureller Aufbau der Materialsammlung

2 Dokumentation der Reihenplanung und ausgewählter Materialien

Die hier vorgestellte Reihenplanung zum Niedrigenergiehaus ist für ein Halbjahr konzipiert. Durch zahlreiche Differenzierungs- und Vertiefungsmöglichkeiten kann die Stundenanzahl an die Gegebenheiten und schulspezifischen Rahmenbedingungen angepasst werden. Erprobt wurde die Reihe in einem Zeitumfang von 45 Unterrichtseinheiten zu je 45 Minuten in den Jahrgangsstufen 8 und 9 des Gymnasiums³. Die dabei gewonnenen Erfahrungen wurden in der Ausgestaltung der Materialien berücksichtigt. Die Reihenplanung und alle zugehörigen Materialien können auf den Seiten dieses Projekts SINUS.NRW heruntergeladen werden⁴.

Das nachfolgende Raster zur Reihenplanung (Tabelle 1) könnte in der Anlage zu einem schulinternen Lehrplan als Konkretisierung eines Unterrichtsvorhabens erstellt werden und bietet einen Überblick über die in der Fachschaft vereinbarten maßgeblich zu entwickelnden Kompetenzen und Absprachen.

³ Zum Zeitpunkt der Erprobung im achtjährigen Bildungsgang Gymnasium.

⁴ www.sinus.nrw.de.

Tabelle 1: Raster zur Reihenplanung, wie es in der Anlage zu einem schulinternen Lehrplan erstellt werden könnte

Unterrichtssequenzen	Maßgeblich zu entwickelnde Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler	Vorhabenbezogene Absprachen
1. Technik – was ist das eigentlich alles?	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> • entnehmen Einzelmaterialien thematisch relevante Informationen, gliedern diese und setzen diese zueinander in Beziehung (MK 1) 	Selbstständiges Erschließen anhand abgestimmter Medien
2. Energie – ein wertvolles Gut! <ul style="list-style-type: none"> • Voll Energie • Mit Energie durch den Tag • Energieeffizienz 	konkretisierte Sachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> • begründen den Bedarf für ein technisches Produkt (IF 1 zu SK 4) Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> • interpretieren technische Darstellungen, einfache Schaltpläne, Diagramme sowie weitere Medien (MK 5) • präsentieren Arbeitsergebnisse nach vorgegebenen und selbst formulierten Kriterien (MK 9) konkretisierte Urteilskompetenz: <ul style="list-style-type: none"> • bewerten Lösungskonzepte hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen Konsum, Produktion, technologischer und ökologischer Entwicklungen (IF 1 zu UK 1, UK 2) 	Überblick Energieformen Begriffsklärung Energiebedarf ↔ „Energieverbrauch“ Besuch des örtlichen Energieversorgers oder Vortrag durch externen Referenten
3. Die Sonne – unsere Energiequelle <ul style="list-style-type: none"> • Im Osten geht die Sonne auf – Analyse des Solarangebots • Lass die Sonne in dein Haus – Solararchitektur • Wir halten dicht – Wärmedämmung 	konkretisierte Sachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> • stellen konkrete Anforderungen an ein technisches Produkt dar (IF 1 zu SK 3, SK 4) Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> • entnehmen Einzelmaterialien thematisch relevante Informationen, gliedern diese und setzen diese zueinander in Beziehung (MK 1) • überprüfen Fragestellungen oder Hypothesen qualitativ und quantitativ durch Experimente, Erkundungen und technische Analysen (MK 6) konkretisierte Urteilskompetenz: <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen die Anforderungen an ein Produkt hinsichtlich ihrer Priorität (IF 1 zu UK 1, UK 3) 	Zusammenhang von Tageslängen und Jahreszeiten (mittels Kurzfilm/Besuch der Sternwarte/Modelle/...)
4. Planung und Fertigung der Modellhäuser	konkretisierte Sachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> • systematisieren Lösungsvorschläge in einem Lösungskonzept (IF 1 zu SK 4) • ordnen erforderliche Arbeitsschritte in einem Projektablaufplan (IF 1 zu SK 3) • beschreiben die Dimensionen und die Funktion eines Werkstücks anhand technischer Darstellungen (IF 2 zu SK 1) • ordnen Werkstoffen und Halbzeugen geeignete Be- und Verarbeitungsverfahren sowie hierzu erforderliche Messgeräte und Werkzeuge zu (IF 2 zu SK 1, SK 2) • beschreiben Arbeitsschritte und Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit Werkzeugen (IF 2 zu SK 3) 	Manuelle und maschinengestützte Fertigungsverfahren (Cuttermesser/Filcut)

(Fortsetzung Tabelle 1)

Unterrichtssequenzen	Maßgeblich zu entwickelnde Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler	Vorhabenbezogene Absprachen
	<p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • erstellen unter Nutzung digitaler Medien u. a. technische Zeichnungen, Schaltpläne und Projektdokumentationen (MK 8) <p>konkretisierte Urteilskompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bewerten soziale, ökonomische und ökologische Aspekte bei Betrieb und Entsorgung eines Produktes (IF 3 zu UK 2, UK 3) • beurteilen Werkstoffe, Werkzeuge und Fertigungsverfahren u. a. im Hinblick auf technische, ökonomische und ökologische Aspekte (IF 2 zu UK 3) • begründen die Notwendigkeit allgemein gültiger Vereinbarungen und Normungen bei technischen Darstellungen (IF 2 zu UK 1) <p>Handlungskompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verarbeiten Werkstoffe nach vorgegebenen Verfahren (HK 1) • bedienen Werkzeuge, Messgeräte und Maschinen sachgerecht (HK 2) • erstellen technische Systeme oder Teilsysteme (HK 4) 	
4. Experimentelle Analyse der Modellhäuser	<p>konkretisierte Sachkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • benennen Verfahren und Kriterien zur Überprüfung der Qualität angefertigter Werkstücke bzw. Baugruppen (IF 2 zu SK 1) <p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren ausgewählte Eigenschaften von Materialien und technischen Systemen auch mit digitaler Messtechnik (MK 4) • überprüfen Fragestellungen oder Hypothesen qualitativ und quantitativ durch Experimente, Erkundungen und technische Analysen (MK 6) • entwickeln Kriterien für die Qualität von Werkstücken sowie von technischen Systemen und Verfahren (MK 7) <p>konkretisierte Urteilskompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen das Arbeitsergebnis hinsichtlich Verarbeitung, Funktionalität und Design (IF 3 zu UK 1) • bewerten soziale, ökonomische und ökologische Aspekte bei Betrieb und Entsorgung eines Produktes (IF 3 zu UK 2, UK 3) <p>Handlungskompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bedienen Werkzeuge, Messgeräte und Maschinen sachgerecht (HK 2) 	Messung auch unter Einsatz digitaler Sensoren und Data-logger

Im Folgenden werden exemplarisch die Übersichten einer Unterrichtssequenz sowie einer Unterrichtseinheit aufgezeigt.

Tabelle 2: Übersicht zur Unterrichtssequenz 2: Energie – ein wertvolles Gut!

<p>Thema der Unterrichtssequenz</p> <p>Energie – ein wertvolles Gut! – Klärung des Energiebegriffs und Entwicklung von Strategien zur Verringerung des häuslichen Energiebedarfs</p>
<p>Benötigte Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler</p> <p>keine</p>
<p>Übersicht über die Unterrichtssequenz</p> <p>Der Ablauf der zweiten Unterrichtssequenz wird durch die unten beschriebenen „Hinweise zur Unterrichtssequenz S2“ in Kombination mit den dazugehörigen Unterlagen dargestellt. Diese Unterrichtssequenz besteht aus mehreren Unterrichtsstunden zum Energiebegriff, die abhängig vom Vorwissen der Schülerinnen und Schüler ausgedehnt oder gekürzt werden können und sich auch für fächerübergreifenden Unterricht anbieten.</p>
<p>Maßgeblich in der Unterrichtssequenz zu entwickelnde Kompetenzen</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>konkretisierte Sachkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • begründen den Bedarf für ein technisches Produkt (IF 1 zu SK 4) <p>Methodenkompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • interpretieren technische Darstellungen, einfache Schaltpläne, Diagramme sowie weitere Medien (MK 5) • präsentieren Arbeitsergebnisse nach vorgegebenen und selbst formulierten Kriterien (MK 9) <p>konkretisierte Urteilskompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bewerten Lösungskonzepte hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen Konsum, Produktion, technologischer und ökologischer Entwicklungen (IF 1 zu UK 1, UK 2)
<p>Hinweise zu Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung</p> <p>Selbstkontrolle durch Spielform zu den Energiebegriffen <i>oder</i> Selbstkontrolle durch Erstellen eines Sofortmaßnahmenkatalogs zum Energiesparen</p>
<p>Schülerunterlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> • S2_UE1_AB1_Voll_Energie • S2_UE1_AB2_Mit_Energie_durch_den_Tag_I • S2_UE1_AB3_Mit_Energie_durch_den_Tag_II • S2_UE1_AB4_Mit_Energie_durch_den_Tag_III • S2_UE1_AB5_Energieeffizienz • S2_UE1_AB6_Wie_kann_ich_einen_unnötigen_Energiebedarf_vermeiden • S2_UE1_AB7_Licht_aus_und_die_Welt_ist_in_Ordnung
<p>Hinweise für die Lehrkraft</p> <ul style="list-style-type: none"> • S2_UE1_L
<p>Weiterführende Literatur und Links</p> <p>vgl. www.energie.ch</p>
<p>Zeitbedarf: ca. 5–7 Schulstunden je 45 Min.</p>

Für die Unterrichtseinheiten werden jeweils nur die Kompetenzbereiche ausformuliert, die maßgeblich weiterentwickelt werden. Im Anschluss an die tabellarische Darstellungsform der Unterrichtssequenz erfolgt eine Einführung mit allgemeinen Hinweisen, Material-, Werkzeug- und Kostenübersicht sowie Erfahrungen aus der Unterrichtsdurchführung.

Abbildung 2 zeigt ein Materialbeispiel zur Einführung in die Unterrichtssequenz 4 (S 4).

Allgemeine Hinweise zur Unterrichtssequenz

Die im folgenden beschriebene Unterrichtssequenz wurde bereits mehrfach im Unterricht der Jahrgangsstufe 8 an einem Gymnasium mit zwei Wochenstunden durchgeführt. Die einzelnen Informationsblätter etc. müssen ggf. der jeweiligen Lerngruppe, den schulinternen Absprachen bzw. den vorhandenen Geräten angepasst werden.

Materialliste für ein Modellhaus (Kosten: ca. 5 €):

- Kopierpapier (DIN A4)
- Tapete (Breite der Bahn mindestens 500 mm)
- 1 Wärmedämmplatte aus Styropor (500 mm x 1000 mm x 10 mm)
- 4 OHP-Folien (DIN A4, Stärke: 0,5 mm)
- 2 Bögen Wellpappe (500 x 700 mm)
- Alleskleber (Eignung für Styropor!)
- 1 Streifen Klebeband

Werkzeugliste für ein Modellhaus:

- 1 Schere
- 1 Anschlagwinkel (alternativ: Geodreieck)
- 1 Styroporschneider (alternativ siehe S4/UE1_M4_L: Herstellung eines Styroporschneiders)

Das Modellhaus wird in Teams von i. d. R. zwei Schülerinnen bzw. Schülern konstruiert und gefertigt. Von Einzelarbeiten ist abzuraten, da häufig Geräte wie z. B. Styroporschneider, Netzgeräte, Temperatursensoren nicht in ausreichender Anzahl zur Verfügung stehen und so unnötig lange Wartezeiten bei den einzelnen Teams entstehen. Des Weiteren nimmt die experimentelle Untersuchung der einzelnen Modellhäuser viel Zeit in Anspruch.

Steht mehr Unterrichtszeit zur Verfügung, so kann von den einzelnen Teams aus Fotokarton (DIN A2) zunächst die Hülle des Modellhauses als Körpernetz gezeichnet und gefertigt werden. Dies hat den Vorteil, dass die späteren Bauteile aus Styropor einfacher an diese Hülle angepasst werden können. Die experimentelle Untersuchung der Modellhäuser kann dann einmal mithilfe der nicht-isolierten Hülle und Einfachverglasung der Fensterflächen erfolgen bzw. im weiteren Unterrichtsverlauf mit gedämmter Hülle und „Doppelverglasung“ der Fensterflächen. Alternativ hierzu ...

Abbildung 2: Auszug aus der Einführung in die Unterrichtssequenz 4

Tabelle 3: Übersicht über die Unterrichtseinheit 1 (UE 1) der Unterrichtssequenz 3










<p>Thema der Unterrichtseinheit</p> <p>UE 1) Im Osten geht die Sonne auf – Analyse des Solarangebotes</p>
<p>Kernanliegen der Unterrichtseinheit</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler analysieren das Solarangebot, indem sie sich die Zusammenhänge von Tageslängen und Jahreszeiten erschließen und hieraus die Sonnenstände und Einfallswinkel im Tages-/Jahresverlauf ableiten können.</p>
<p>Maßgeblich in der Unterrichtseinheit zu entwickelnde Kompetenzen</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>Methodenkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> • entnehmen technischen Darstellungen für Fragestellungen relevante Informationen (MK 1) • überprüfen Fragestellungen oder Hypothesen qualitativ und quantitativ durch Experimente, Erkundungen und technische Analysen (MK 6)
<p>Schülerunterlagen</p> <p>Arbeitsteilige Gruppenarbeit (bei 24 Schülerinnen und Schülern empfiehlt es sich jede Gruppe zweimal zu bilden):</p> <p>S3_UE1_AB1_Der Lauf der Sonne? (Gruppe 1)</p> <p>S3_UE1_AB2_Tageslängen und Jahreszeiten (Gruppe 2)</p> <p>S3_UE1_AB3_Sonnenstände und Einfallswinkel (Gruppe 3)</p>
<p>Hinweise für die Lehrkraft</p> <p>In der vorherigen Sequenz wurde erkannt, dass sich Energiesparen lohnt und die Heizung hier ein großes Sparpotenzial mit sich bringt. Nun soll untersucht werden, wie die Sonne als natürliche Wärmequelle bestmöglich zum Heizen eines Hauses genutzt werden kann.</p> <p>Als Einstieg kann hier der Film „Temperature“ aus der Serie Planet Schule des SWR dienen.⁵</p> <p>Die für den Unterricht wesentlichen Inhalte werden in den ersten knapp 7 Filmminuten (von insgesamt 15 Min.) erläutert. Da der Film in Kapitel unterteilt ist, kann der Ausstieg gut nach 6 min 52 s mit dem neuen Kapitel „Lage und Höhe“ erfolgen.</p> <p>Die Inhalte des Films werden anschließend in einer Gruppenarbeit arbeitsteilig aufbereitet und vertieft. Es ist sinnvoll während der Gruppenarbeit eine Filmstation einzurichten, an der die Schülerinnen und Schüler sich einzelne Filmpassagen individuell erneut ansehen können. Ebenso hat es sich als vorteilhaft erwiesen eine Modellstation vorzubereiten. Hier könnten beispielsweise ein Seil zur Modellierung der Umlaufbahn und mindestens zwei Kugeln, günstigstenfalls aus Styropor, oder (Soft-)Bälle sowie beispielsweise Schaschlik-Stäbe als Erdachse bereitgelegt werden, um den Lauf der Erde um die Sonne nachzustellen. Je nach Ausstattung kann dies noch erweitert werden. Ein drehbarer Globus auf geneigter Achse sowie eine Taschenlampe zur Simulation der Sonneneinstrahlung erhöhen die Anschaulichkeit enorm. Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass die Schülerinnen und Schüler sehr viel Freude daran haben, das Modell nach eigenen Vorstellungen zu entwickeln und in ihre Vorträge einzubeziehen.</p> <p>Es ist wichtig, den Schülerinnen und Schülern klar zu machen, dass durch die arbeitsteilige Vorgehensweise jedes Gruppenmitglied späterer Themen Experte ist.</p> <p>Im Material S3_UE1_AB3 sind Sonnenstände und Einfallswinkel der Sonne für die Stadt Bochum ermittelt und grafisch aufbereitet. Diese Daten können für eine große Anzahl von Städten weltweit unter https://www.timeanddate.de/sonne/ abgerufen werden. Die Materialien mit Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sorgen in der Regel für eine hohe Motivation und Akzeptanz.</p>
<p>Materialien für die Lehrkraft</p> <p>S3_UE1_L</p>
<p>Zeitbedarf: 3 Schulstunden je 45 Min.</p>

⁵ Der Film „Temperature“ ist im Medienzentrum Edmond NRW nach Registrierung kostenlos verfügbar: https://nrw.edupool.de/search?func=record&standort=BO&record=planet_schuleev-4980956&src=online [02.09.2020].

Sämtliche Materialien sind so angelegt, dass sie an die Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler anknüpfen. Zahlreiche sprachensible Aufgabenstellungen fördern das Einordnen und Vernetzen der neuen Lerninhalte. Auf Differenzierungsmöglichkeiten wird entweder in den Hinweisen für die Lehrkraft eingegangen oder die Aufgabenstellung bietet diese direkt an. In Abbildung 3 ist exemplarisch ein entwickeltes Arbeitsblatt der Unterrichtseinheit 1 abgebildet.

Voll Energie

In der Technik ist es wichtig, die verschiedenen Energieformen zu kennen, da viele technische Prozesse auf Energieumwandlungen basieren, die in technischen Systemen ablaufen. Energie kann in unterschiedlichen Formen auftreten. Sicherlich kennst du schon einige davon. Testet euer Vorwissen, indem ihr euch gegenseitig **erläutert**, welche Energieform(en) in den verschiedenen Abbildungen dargestellt sind. Wechselt euch dabei ab!

Du kommst nicht weiter?
Dann nutzt die zusätzlichen **Hilfekarten**, die auf dem Lehrerpult bereitliegen!
Lest euch die dort ausliegende Hilfen durch und bearbeitet dann eure Arbeitsblätter weiter!

Schon fertig?
Testet euer Fachwissen zu den Energieformen, indem ihr euch eine neue Partnerin oder einen neuen Partner in der Klasse sucht und mit ihr/ihm deine Ergebnisse abgleicht! Gibt es Unterschiede?

Jetzt ist Schluss!
Bildet nun Kleingruppen mit drei bis fünf Personen. Diskutiert unter folgender Fragestellung:

- Was ist euch beim Ergebnisvergleich aufgefallen?
- In welchen Zusammenhängen benutzen wir in unserem Alltag den Begriff „Energie“ und welche Energieform ist konkret gemeint?

Abbildung 3: S2/UE1_AB1 Voll Energie

3 Zusammenfassung und Perspektiven

Wie die Abbildungen der fertigen Modellhäuser zeigen (Abbildung 4), sind die Ergebnisse dieser Unterrichtsreihe in einem hohen Maß von Kreativität, Fertigungsgeschick und individueller Gestaltung geprägt. In der Erprobung der Reihe waren die beteiligten Lehrkräfte positiv überrascht von der Motivation, Einsatzbereitschaft und aktiven Beteiligung der Schülerinnen und Schüler. Beispielsweise wurde kritisch hinterfragt, inwiefern ein kreatives Design einem möglichst guten Wärmeerhalt widerspricht. Nicht zuletzt durch die aktuellen Klimadebatten boten sich immer wieder Diskussionsansätze an und dementsprechend wurde der Ehrgeiz geschürt, die bestmögliche Energiebilanz im Kursverband zu erreichen.

In den einzelnen Projektphasen konnten teilweise starke geschlechterspezifische Unterschiede festgestellt werden. So zeigte sich in der Erprobung der Reihe in drei verschiedenen Lerngruppen, dass die Schülerinnen häufig mehr Zeit für Planung und Sorgfalt investierten, während das Vorgehen der Schüler vorrangig durch experimentelle Handlungsschritte gekennzeichnet war. Durch gemeinsames Reflektieren der unterschiedlichen Vorgehensweisen konnten die Erkenntnisse genutzt werden, um den Kompetenzaufbau zielgerichtet und optimal zu fördern.



Abbildung 4: Modellhäuser

Die Reihe zum Niedrigenergiehaus bietet vielfältige Anknüpfungspunkte zur Weiterarbeit unter technischen Fragestellungen, die z. B. im Technikunterricht der Sekundarstufe II, in Facharbeiten oder in Projektkursen vertieft werden können. Beispielsweise könnten der Einfluss der Stärke des Dämmmaterials auf den Wärmeerhalt oder eine Variation von Einfach- und Dreifachverglasung und deren Auswirkung im Rahmen einer Facharbeit näher untersucht werden. In der Sekundarstufe II ergeben sich Anknüpfungsmöglichkeiten zur Automatisierungstechnik beispielsweise im Smart Home-Bereich.

Literatur

- Eidmann, S., Jestädt S. & Laaks, B. (2020). *Entwicklung von Unterrichtsvorhaben für das Fach Technik unter Berücksichtigung des neuen Kernlehrplans WP Gymnasium SI*. Dokumentation der Projektergebnisse und Materialien zum Projekt SINUS.NRW. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idcat=4577 [11.08.2020].
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I, Gymnasium in Nordrhein-Westfalen*. Wahlpflichtfach Technik (Schule in NRW, Bd. 34221, 1. Aufl.). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019a). *Beispiel für einen schulinternen Lehrplan Gymnasium – Sekundarstufe I*. Wahlpflichtfach Technik (Fassung v. 31.01.2020). Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/front_content.php?idcat=4953 [11.08.2020].
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019b). *Vorhabenbezogene Konkretisierung Klasse 9, Unterrichtsvorhaben 1: Draußen kalt und drinnen warm – das Niedrigenergiehaus*. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/front_content.php?idcat=4953 [11.08.2020].

Projektgruppe

Die Arbeitsgruppe setzt sich aus Vertreterinnen verschiedener Schulformen (Gymnasium und Gesamtschule), verschiedener Bezirksregierungen (Arnsberg, Düsseldorf, Münster) zusammen. Alle Mitglieder sind Techniklehrerinnen der Sekundarstufen I und II und erfüllen als MINT-Koordinatorin, Fachberaterin und Fachleiterin verschiedene Funktionen.

Stephanie Eidmann, Adalbert-Stifter-Gymnasium, Castrop-Rauxel
Sonja Jestädt, Heinrich-von-Kleist-Schule, Bochum
Bettina Laaks, ZfsL Essen, Willy-Brandt-Schule, Mülheim a. d. R.

„Mikrocontroller omnipräsent“ – Schülerinnen und Schüler setzen sich mit einer Grundkomponente unserer technischen Welt auseinander

Entwicklung von Materialien für einen „sanften Einstieg“ in die Mikrocontroller-Programmierung

ANNEMARIE BERENDES, SILKE RÖWEKAMP

Im Rahmen dieses SINUS-Projekts haben sich Lehrerinnen und Lehrer aus dem Informatikbereich der Sekundarstufe I zusammengeschlossen, um Unterrichtskonzepte und -sequenzen auf Grundlage des Kernlehrplans Informatik für den Wahlpflichtbereich der Realschule und der Gesamtschule bzw. Sekundarschule zu entwickeln. Dabei brachten sie ihre jeweils spezifischen kompetenzorientierten Konzepte und Ansätze aus dem bisherigen Informatikunterricht ihrer Schulen in das Projekt ein, entwickelten neue Verlaufsskizzen und Materialien von Unterrichtseinheiten, erprobten sie in ihren Schulen und tauschten Erfahrungen aus. Ergebnisse werden auf den projektbezogenen Seiten unter www.sinus.nrw.de online zur Verfügung gestellt, bieten Anregungen für einen kompetenzorientierten Informatikunterricht und sollen zum Weiterentwickeln der Ansätze und Materialien motivieren. Ansätze und Materialien können aber auch direkt im eigenen Unterricht eingesetzt werden und dienen somit der Unterstützung im Schulalltag.

Der folgende Beitrag stellt exemplarisch einen Weg zur Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern als Grundkomponenten unserer technischen Welt vor, den die Arbeitsgruppe kooperativ entwickelt hat. Das Kernziel des Unterrichtsvorhabens besteht in der Entwicklung und Erprobung von Materialien für einen „sanften Einstieg“ in die Mikrocontroller-Programmierung. Der Beitrag richtet sich entsprechend vorrangig an diejenigen Lehrkräfte, die Informatik im Wahlpflichtbereich der Sekundarstufe I unterrichten, im Unterricht bisher noch nicht mit Mikrocontrollern gearbeitet haben und sich und ihren Schülerinnen und Schülern dieses technisch, wirtschaftlich und gesellschaftlich bedeutsame, sich rasant entwickelnde Feld erschließen möchten.

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Vorüberlegungen

Mikrocontroller sind aus unserer Welt nicht mehr wegzudenken, da sie doch Bestandteil fast aller technischen Geräte sind, ohne dass es – zumindest für einen technischen Laien – unmittelbar sichtbar wird. Sie gehören zu den eingebetteten Systemen und sind keinesfalls eine neue Erfindung. So fanden sie bereits Ende der 60er und Anfang der 70er Jahre bei allen Apollo-Raumflügen Anwendung, z. B. in den Raumanzügen.

Müller und Koerber (2016, S. 3) weisen zu Recht darauf hin, dass „[i]n all diesen für selbstverständlich gehaltenen Gegenständen [Haushaltsgeräte,

Smartphones, Uhren etc.] [...] Ideen [stecken], für die die Wissenschaft Informatik die Basis darstellt“. Mithin gibt es gute Argumente für die Arbeit mit Mikrocontrollern im Informatikunterricht der Sekundarstufe I:

- Mikrocontroller ermöglichen einen hohen Lebensweltbezug, an den alle Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I unmittelbar anknüpfen können.
- Mikrocontroller ermöglichen die Erarbeitung von Basiskonzepten der Informatik.

Ausgehend von diesen Überlegungen und weiteren aktuellen Diskussionen um den Einsatz von Mikrocontrollern im Informatikunterricht der Sekundarstufe I hat die SINUS-Gruppe beschlossen, sich dieser Thematik vertieft zu widmen, nicht zuletzt auch deshalb, da der von Klafki (1991) geforderten „Gegenwarts-, Zukunfts- und exemplarischen Bedeutung“ gerade bei diesem Thema Rechnung getragen wird.

Die Entscheidung für den Arduino

Zu Beginn des Projekts existierte wenig Material, das den Ansprüchen der Gruppe an Differenzierungsmöglichkeiten und Sprachsensibilität der Materialien mit Blick auf heterogene Lerngruppen und den geplanten Einsatz in unterschiedlichen Schulformen genügte. Daher wurde die Entscheidung für ein bestimmtes System weitgehend unabhängig von seinerzeit bereits bestehenden Anleitungen und Materialien getroffen.

Der Anschaffungspreis eines Arduino verglichen mit anderen Systemen war und ist zum einen sehr günstig (meist kostet ein Set zwischen 10 und 30 Euro) und zum anderen wird die Software für den Arduino kostenlos als Open-Source-Produkt zur Verfügung gestellt.¹ Sie bietet eine übersichtliche Oberfläche, eine schnelle Verbindung zur Hardware und den Zugriff auf eine große Bibliothek mit ausgearbeiteten Projekten² mit Einsatzmöglichkeiten des Arduino zur vertiefenden Arbeit mit dem Mikrocontroller. Darüber hinaus erweitern aktuell zahlreiche Entwickler die Plattform um fertige Bibliotheken, so dass gerade mit Blick auf anschließende Vertiefungsphasen den Schülerinnen und Schülern Hilfsmittel zur Verfügung stehen, die sie zielgerichtet für die Entwicklung eigener Projekte nutzen können. Und nicht zuletzt läuft die Software für den Arduino unter den drei weit verbreiteten Betriebssystemen Windows, MacOS und Linux.

Die Schülerinnen und Schüler sollen im Informatikunterricht neben dem Erwerb von Basiskompetenzen im Umgang mit Mikrocontrollern aufbauend darauf auch eigenständige kleine Projekte planen und entwickeln. Daher ist es empfehlenswert, die ebenfalls kostenlose Software „fritzing“ zu installieren.³ Sie bietet die Möglichkeit, vor der Umsetzung auf der Hardware geplante Schaltungen und Programme am Rechner zu entwerfen und in einer Simulation auszuprobieren. Die Abbildungen, die sich in den entwickelten Schülermaterialien befinden, wurden ebenfalls mit dieser Software erstellt.

Es gibt verschiedene Versionen von Boards, die mit der Arduino-Software verwendet werden können. Dazu gehören sowohl viele verschiedene große und kleine Boards mit der offiziellen Markenbezeichnung „Arduino“ als auch viele günstigere, aber technisch gleichwertige kompatible Boards. Typische offizielle

1 www.arduino.cc [10.09.2020].

2 create.arduino.cc/projecthub [10.09.2020].

3 <https://fritzing.org/home/> [10.09.2020].

Boards sind z. B. Arduino UNO (vgl. Abbildung 1), Arduino MEGA oder Arduino Mini, kompatible Boards Funduino UNO, Funduino MEGA, Freeduino, Seeduino, Sainsmart UNO u. v. a. Im Rahmen dieses Projekts wurden Arduino UNO Boards eingesetzt.

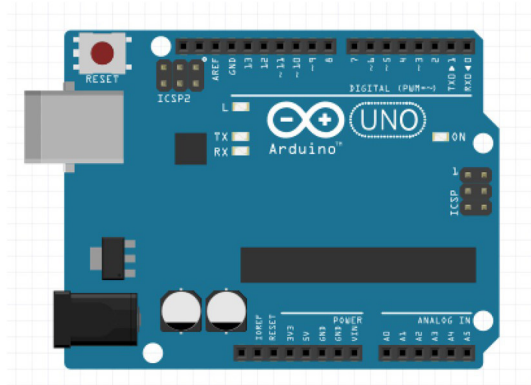


Abbildung 1: Arduino Board „Arduino UNO“

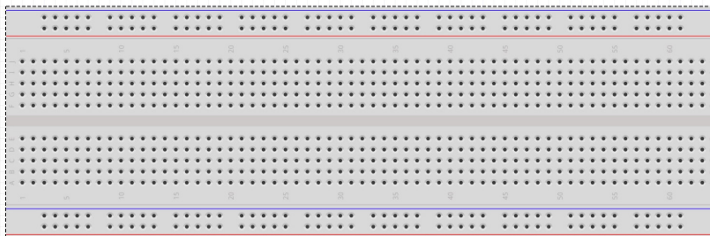


Abbildung 2: Breadboard, Steckplatine zur einfachen Verbindung mit den Anschlussstellen (PINS) des Arduino

Über das mitgelieferte Breadboard (Steckplatine, siehe Abbildung 2) können u. a. Sensoren mit dem Mikrocontroller per Kabel verbunden werden. Die Schülerinnen und Schüler müssen somit nicht über Lötkenntnisse verfügen. Im Rahmen der Veröffentlichung ist zusätzlich zu den digital vorhandenen Arbeitsblättern, Lösungen, Lernerfolgskontrollen u. a. eine Liste mit den für den Unterricht benötigten Bauteilen erstellt worden (vgl. Material M0).

2 Ergebnisse der Entwicklungsarbeit

Überblick über die erstellten Materialien

Eine von der Gruppe entwickelte mögliche Unterrichtsreihe kann inhaltlich in drei aufeinander aufbauende Unterrichtsphasen gegliedert werden. Die Materialien (M1 bis M16) entsprechen chronologisch einer möglichen Abfolge im Unterricht und können dementsprechend den zwei hier näher vorgestellten Phasen zugeordnet werden:

- a) Einführung in die Hardware und Software (M1 – M3)
- b) Programmieren in der Arduino IDE (integrated development environment) unter Verwendung algorithmischer Grundkonzepte (lineare Anwendungen, Variablenkonzept, Verzweigungen und Schleifen, M4 – M13)
- c) Ein erstes selbst geplantes und durchgeführtes Mini-Projekt zur Konzeptionierung und Programmierung eines Mikrocontrollers (M16, M17)

Anmerkung: Die Materialien M14 und M15 dienen der Lernerfolgskontrolle oder schriftlichen Arbeit inklusive Selbsteinschätzungs- und Rückmeldebogen.

An die Phasen A und B anschließend haben Schülerinnen und Schüler das Rüstzeug für eine erste offenere Aufgabenstellung, z. B. ein erstes selbst geplantes und in Kleingruppen arbeitsteilig durchgeführtes Mini-Projekt erworben, das allerdings sehr unterschiedlich gestaltet sein kann und daher in diesem Beitrag mit dem Schwerpunkt auf einen „sanften Einstieg“ nicht dokumentiert ist.

Relevanz des Themas vor dem Hintergrund der im Kernlehrplan ausgewiesenen Kompetenzerwartungen

In den Kernlehrplänen für das Wahlpflichtfach Informatik (Realschule, Gesamtschule) wird ausgeführt, dass der Ausgangspunkt im Wahlpflichtunterricht Informatik in der Regel ein Problem mit lebensweltlichem Bezug ist. Schülerinnen und Schüler erwerben und erweitern in der aktiven Auseinandersetzung mit Problemstellungen kognitive und nicht-kognitive Kompetenzen, die ein selbstständiges informatisches Problemlösen anbahnen. Die Umsetzung eines informatischen Modells in ein lauffähiges Informatiksystem hat für Schülerinnen und Schüler nicht nur einen hohen Motivationswert, sondern ermöglicht ihnen in Ansätzen auch die Überprüfung der Angemessenheit und Wirkung des Modells in Bezug auf die Problemstellung.

Die unterrichtliche Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern bietet Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit, basale Kompetenzen in den vier Kompetenzbereichen *Argumentieren (A)*, *Modellieren und Implementieren (MI)*, *Darstellen und Interpretieren (DI)* und *Kommunizieren und Kooperieren (KK)* bezogen auf die Inhaltsfelder *Information und Daten*, *Algorithmen*, *Sprachen und Automaten*⁴, *Informatiksysteme* sowie *Informatik, Mensch und Gesellschaft* zu erwerben. Die im Medienkompetenzrahmen ausgewiesenen Kompetenzbereiche „Bedienen/Anwenden“, „Informieren/Recherchieren“, „Kommunizieren/Kooperieren“, „Produzieren/Präsentieren“, „Analysieren/Reflektieren“ und „Problemlösen/Modellieren“ sind ebenfalls berührt, werden hier aber nicht explizit ausgewiesen.

Die folgende Zusammenstellung liefert einen Überblick über alle Materialien und kann darüber hinaus zur Entwicklung schulinterner Curricula verwendet werden.

Tabelle 1: Übersicht Material

Titel	Inhaltsfeld, Schwerpunkt und konkretisierte Kompetenzerwartungen
M0: Informationen für die Lehrkraft	Anmerkung: <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung wichtiger Grundlagen, Hard- und Software und Einsatz von LEDs und Widerständen für die Lehrkraft
M1: Einstieg in die Thematik über „Internet of Things“	Inhaltsfeld: Informatik, Mensch und Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> • Chancen und Risiken der Nutzung von Informatiksystemen
M2: Blick auf die Hardware	Inhaltsfeld: Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihre Komponenten
M3: Blick auf die Programmierumgebung	Inhaltsfelder: Sprachen und Automaten, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihre Komponenten

4 Im Kernlehrplan Gymnasium wurde dieses Inhaltsfeld *formale Sprachen* benannt.

(Fortsetzung Tabelle 1)

Titel	Inhaltsfeld, Schwerpunkt und konkretisierte Kompetenzerwartungen
M4: Es blinkt! – Mein erstes Programm	Inhaltsfelder: Information und Daten, Algorithmen, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen zur Lösung von Aufgaben und Problemen aus verschiedenen Anwendungsgebieten • Daten repräsentieren Informationen (Blinken / z. B. Morsen) • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihren Komponenten
M5: Befehlsregister	Inhaltsfeld: Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihren Komponenten
M6: Lernerfolgskontrolle	siehe M1 bis M5
M7: Gruppenpuzzle zur Nutzung von LEDs und Widerständen auf dem Breadboard	Inhaltsfelder: Algorithmen, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen mit den algorithmischen Grundkonzepten entwerfen, darstellen und realisieren • Anwendung verschiedener Informatiksysteme
M8: Wechselblinker	Inhaltsfelder: Algorithmen, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen mit den algorithmischen Grundkonzepten entwerfen, darstellen und realisieren • Anwendung von Informatiksystemen
M9: Arbeiten mit Variablen	Inhaltsfeld: Algorithmen <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen mit den algorithmischen Grundkonzepten entwerfen, darstellen und realisieren • Schülerinnen und Schüler entwerfen, implementieren und testen Algorithmen auch unter Verwendung des Variablenkonzepts (M1)
M10: Die Ampelsteuerung	Inhaltsfeld: Algorithmen <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen zur Lösung von Aufgaben und Problemen aus verschiedenen Anwendungsgebieten
M11: Der Taster	Inhaltsfelder: Algorithmen, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen mit den algorithmischen Grundkonzepten entwerfen, darstellen und realisieren • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihren Komponenten
M12: Der Ultraschallsensor	Inhaltsfeld: Informatiksysteme Anwendung von Informatiksystemen
M13: Bist du fit?	siehe M1 bis M12
M14: Lernerfolgskontrolle/ Klassenarbeit	siehe M1 bis M12
M15: Rückmeldebogen mit Erwartungshorizont	siehe M1 bis M12
M16: Projektaufgabe	je nach Leistungsstand
M17: Hinweise für die Lehrkraft für die Projektaufgabe	

Didaktisch-methodische Überlegungen

Die Materialien sind als ein in mehreren Schritten verfasstes Leitprogramm konzipiert. Leitprogramme berücksichtigen nach Hartmann, Näf und Reichert (2007) den unterschiedlichen Wissensstand, die unterschiedlich ausgeprägten Fertigkeiten im Umgang mit dem Computer und das Produktwissen zu einzelnen Programmen der Lernenden und tragen somit zur Individualisierung des Unterrichts bei.

Das Konzept, das diesem Leitprogramm zugrunde liegt, beinhaltet die Einführung in neue Programme gemäß den folgenden Schritten:

- Clarifying:** ein kurzes Erläutern der Programmphilosophie mit wesentlichen Arbeitstechniken durch die Lehrkraft
- Modeling:** ein Vormachen entscheidender Arbeiten durch die Lehrkraft als Modell für die Schülerinnen und Schüler
- Coaching:** ein geführtes Nachmachen des Vorgemachten, wobei die Schülerinnen und Schüler nach genauer Anleitung arbeiten
- Continuating:** selbstständiges Weiterarbeiten am begonnenen Problem mit gleicher oder ähnlicher Aufgabenstellung

Die Materialien sind so aufgebaut, dass der Einstieg in jedes Material stets der Intention von *Clarifying* und *Modeling* entspricht. Ziel ist es, Schülerinnen und Schüler zunächst mittels eines *informierenden Einstiegs* der Lehrkraft für die Aufgabe bzw. den Unterrichtsgegenstand zu sensibilisieren.

In Bezug auf die zentrale Lernaufgabe folgen die Materialien M4 bis M13 dem Konzept des *Coachings*. Dieses sollte im Anschluss durch die Erstellung weiterer Programmierungen mit dem Mikrocontroller angesprochen werden. Die oben erwähnte, aber in diesem Beitrag nicht weiter ausgeführte Projektarbeit, stellt eine Möglichkeit dar, auch den vierten Konzeptionsschritt des *Continuatings* umzusetzen. Darüber hinaus kommt *Continuating* auch in einigen weiterführenden Aufgaben in Materialien zur Anwendung.

Das Kernziel der entwickelten Materialien besteht darin, den Lernenden das Programmieren eines geeigneten Mikrocontrollers anhand von praktischen und alltagsnahen Beispielen näherzubringen. Neben den (programmier-)technischen Aspekten werden auch gesellschaftliche Aspekte behandelt, um eine kritische und differenziert-wertende Auseinandersetzung mit der aktuellen Omnipräsenz von Mikrocontrollern anzuregen.

Leitfragen, an denen sich die Materialentwicklung orientiert, sind:

- Was sind Mikrocontroller, wozu dienen sie und wo werden sie eingesetzt?
- Wie ist ein einfacher Mikrocontroller (hier Arduino UNO) aufgebaut?
- Wie wird ein Mikrocontroller für bestimmte Einsatzzwecke hardwareseitig konfiguriert und softwareseitig programmiert (hier in der Arduino IDE)?

Mit den Materialien kann eine Unterrichtsreihe konzipiert werden, die diese Leitfragen beantwortet. Die Schülerinnen und Schüler lernen den Mikrocontroller als ein leistungsfähiges, kompaktes und programmierbares Informatiksystem kennen. Dabei sollte immer wieder bewusst gemacht werden, dass Mikrocontroller aktuell in fast allen elektronischen Geräten eingesetzt werden. Egal ob Fernseher, Auto oder Smartphone, keines dieser Geräte würde ohne Mikrocontroller funktionieren.


Aufgrund der Heterogenität der Lerngruppen und den schulischen Rahmenbedingungen liegt ein Großteil der Arbeitsblätter in mehreren Niveaustufen vor. Die Arbeitsblätter können nachbearbeitet werden, um sie den eigenen Gegebenheiten der Schule anzupassen. Die Differenzierung erfolgt auf Grundlage unterrichtlicher Erfahrungen und orientiert sich an den Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler. Der Zeitbedarf ist je nach Lerngruppe und Wo-

chenstunden angemessen einzuplanen. Etwa 20 Stunden hat die Gruppe mit Blick auf eigene Lerngruppen für die beiden ersten Phasen A und B (vgl. oben) eingeplant. Es hat sich bei der Erprobung der Materialien gezeigt, dass es einen Unterschied macht, ob die Sequenz im 9. oder 10. Jahrgang durchgeführt wurde und welche Vorerfahrungen im Bereich der Programmierung die jeweilige Lerngruppe mitbringt. Dementsprechend können die beiden Phasen A und B auch mit einer geringeren Anzahl von Unterrichtsstunden durchgeführt werden.

Grundsätzlich wird in den Materialien kaum Bezug auf bestimmte Sozialformen genommen, da die Schulen zum einen unterschiedlich ausgestattet sind, zum anderen Sozialformen an die jeweilige Lerngruppe anzupassen sind. Im Rahmen der Erprobung wurde häufig auf die Sozialform *Partnerarbeit* zurückgegriffen, da dadurch eine hohe Beteiligung und Verantwortlichkeit der Schülerinnen und Schüler erreicht werden konnte. Zugleich gab der Austausch innerhalb der Zweiergruppe den Lernenden Sicherheit bei der Erarbeitung. Fehler bei der Aufgabenbearbeitung wurden frühzeitig durch die Zusammenarbeit erkannt und ohne Intervention der Lehrkraft korrigiert. Andere kooperative Arbeitsformen wie z. B. die arbeitsteilige Gruppenarbeit wurden in Erarbeitungsphasen (vgl. M5) und in der Projektphase genutzt.

Bemerkungen zur Strukturierung der Materialien


Die vorliegenden Materialien, hier exemplarisch dargestellt an M8: Wechselblinker, haben in der Regel folgenden Aufbau:



SINUS
Nordrhein-Westfalen
Informatik

**Arduino – Auf dem Weg
zum eigenen Projekt**

M8_Wechselblinker



Schwierigkeitsstufe

1. Erläuterungen

Nun wollen wir mit 2 LEDs arbeiten und sie als Wechselblinker steuern.

2. Aufgabe

Zwei Leuchtdioden sollen abwechseln blinken. Baue die Schaltung nach, erstelle den Sketch und speichere ihn ab.

3. Notwendiges Material

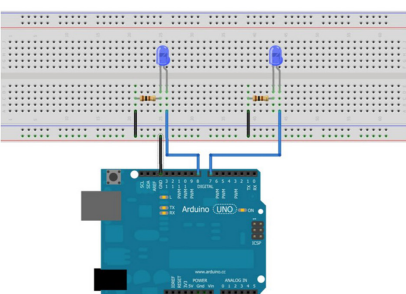
Breadboard, Arduino, zwei LEDs, 2 Widerstände mit 220 Ohm, Kabel


4. Tipp 1: Sketch

Sketch:	Erklärung:
<code>void setup()</code>	Das Setup startet.
<code>{</code>	Ein neuer Programmabschnitt beginnt.
<code>pinMode(7, OUTPUT);</code>	Pin 7 ist ein Ausgang.
<code>pinMode(8, OUTPUT);</code>	Pin 8 ist ein Ausgang.
<code>}</code>	Der Programmabschnitt wird beendet.
<code>void loop()</code>	Das Hauptprogramm beginnt.
<code>{</code>	Ein neuer Programmabschnitt beginnt.
<code>digitalWrite(7, HIGH);</code>	Die LED an Pin 7 wird angeschaltet.
<code>delay(1000);</code>	Es wird 1000 Millisekunden gewartet.
<code>digitalWrite(7, LOW);</code>	Die LED an Pin 7 wird ausgeschaltet.
<code>digitalWrite(8, HIGH);</code>	Die LED an Pin 8 wird angeschaltet.
<code>delay(1000);</code>	Es wird 1000 Millisekunden gewartet.
<code>digitalWrite(8, LOW);</code>	Die LED an Pin 8 wird ausgeschaltet.
<code>}</code>	Der Programmabschnitt wird beendet.

1

Tipp 2 : Schaltung



Made with  Printz.org

2

Abbildung 3: Material M8 Wechselblinker Seite 1 und 2

Jedes Arbeitsblatt beginnt mit einer Erläuterung, z. T. auch mit Impulsen oder mit einer einführenden Information, sodass die Schülerinnen und Schüler für das angesprochene Problem sensibilisiert werden. Die zentrale Aufgabe ist so formuliert, dass die Lernenden mithilfe des notwendigen Materials und gegebenenfalls der Tipps als Mittel der Differenzierung die zentrale Aufgabe selbstständig lösen können. Gekoppelt mit der oben beschriebenen Software „fritzing“ können mindestens vorbereitende Arbeiten auch zu Hause am Computer oder am Tablet erledigt werden. Somit bietet das Material ansatzweise auch erste Impulse für einen Unterricht im Wechsel von Präsenz und Distanz.

Anhand der Arbeitsblätter M11 und M12 lernen die Schülerinnen und Schüler Taster und Ultraschallsensor kennen und werden so in den Bereich der Sensoren eingeführt. Abhängig von der Lerngruppe können noch weitere Sensoren wie Temperatur-, Feuchtigkeits- oder Farbsensor mit einbezogen werden. Arbeitsblätter dazu sind auf funduino.de zu finden.

Die Materialien M16 und M17 unterscheiden sich von den restlichen Materialien, da beide eine Projektarbeit anregen bzw. illustrieren. Hier ergeben sich viele weitere Möglichkeiten, sodass hier je nach Gegebenheiten vor Ort z. B. von der Fachkonferenz adäquate Materialien entwickelt werden sollten.

3 Erfahrungen aus der Projektarbeit und der Erprobung des Materials

Als sehr nützlich erwies sich bei der Vorbereitung der Hardware eine stabile Konstruktion, bei der der Arduino und das Breadboard auf einem (Holz-)Brett oder einer anderen Unterlage fest montiert werden.

Die gemeinsam entwickelten Materialien wurden mehrfach im Unterricht erprobt und auf der Grundlage der gewonnenen Erfahrungen weiterentwickelt. Die unter www.sinus.nrw.de verfügbaren Arbeitsblätter mit Hinweisen für die Lehrkräfte ermöglichen es Lehrerinnen und Lehrern, eine Unterrichtseinheit zu konzipieren und die Materialien dafür unverändert zu nutzen oder auf die eigenen Belange zu adaptieren. Sie stehen unter einer Creative-Commons-Lizenz und dürfen frei angepasst werden.

Die Materialien M1 bis M4 eigneten sich gut, um Schülerinnen und Schülern den Aufbau des Arduino (Hardware), die Grundstruktur eines Programms und den Einstieg in die Arbeit mit der IDE nahezubringen. Ein erstes vorgegebenes Programm (M4) zeigt das Zusammenspiel dieser drei Komponenten. Schülerinnen und Schüler haben damit ein erstes Beispiel für ein Informatiksystem, das sich aus Hardware und Software zusammensetzt – hier ein Mikrocontroller mit der sehr einfachen Funktion einer blinkenden LED. Der sanfte Einstieg in die Programmierung erfolgt über den Auftrag, das Programm so zu modifizieren, sodass andere Blinkrhythmen realisiert werden. Nicht alle Schülerinnen und Schüler kamen mit der IDE auf Anhieb gut zurecht.

Mit dem Material M7 kommt in der vorgeschlagenen Abfolge erstmals das Breadboard zum Einsatz. Hier konnte beobachtet werden, dass Schülerinnen und Schüler anfänglich Schwierigkeiten beim korrekten Stecken der LEDs und

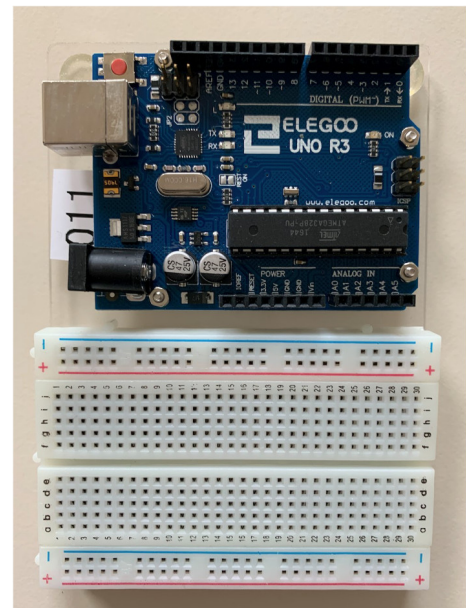


Abbildung 4: Arduino und Breadboard

Widerstände hatten und erst lernen mussten, sehr präzise zu arbeiten, damit die Schaltung funktioniert.

Über das Material M9 lernen die Schülerinnen und Schüler Variablen kennen – hier in der Funktion als Konstante. Der Variablenname hilft in diesem Zusammenhang, die Funktion eines Programms transparent zu machen. Die Benutzung von Variablen ist für Schülerinnen und Schüler ohne Programmierkenntnisse neu und sollte an dieser Stelle leicht verständlich und ggf. an weiteren Beispielen erklärt werden. Die Farben der LEDs als Variablenname zu wählen, war für die Lernenden sehr hilfreich. Sie erkannten die Vorteile für die Struktur und damit die Transparenz eines Sketchs (Programms). Ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler wählte bei der weiteren Programmierarbeit treffende Variablenbezeichnungen.

Bei der Formulierung der Arbeitsaufträge wurde mit Blick auf den „sanften Einstieg“ in die Mikrocontroller-Programmierung auf eine einfache Sprache geachtet, um die Komplexität des Themas zunächst von sprachlichen Hürden zu entlasten. So sind die Arbeitsaufträge bzgl. ihrer Informationsdichte reduziert und kommen meist ohne Nebensätze und Verschachtelungen aus. Gleichwohl war und ist der Gruppe bewusst, dass das für sich ggf. anschließende weitere vertiefende Unterrichtsvorhaben so nicht weiter fortgeführt werden sollte, um auch Aspekten eines sprachsensiblen Fachunterrichts gerecht zu werden.

Bewährt hat sich in den Erprobungen, dass Schülerinnen und Schüler in Zweiergruppen zusammengearbeitet haben. Falls möglich, sollte die Lehrkraft darauf hinwirken, dass in jedem Zweierteam handwerkliche Geschicklichkeit und analytische Kompetenz vorhanden sind.

Die Eignung der Materialien und die gute Zusammenarbeit der Teams zeigte sich auch darin, dass die Lernenden die Lernerfolgskontrollen M6 und M14 überwiegend erfolgreich bewältigten.

Der SINUS-Gruppe war es ein besonderes Anliegen, dass für den „sanften Einstieg“ in die Mikrocontroller-Programmierung im Unterricht möglichst keine Vorkenntnisse im Bereich der elementaren Elektronik vorausgesetzt werden *müssen*. Gleichwohl können Kenntnisse natürlich auch bezogen auf diesen Bereich erworben werden, z. B. Strom (Gleichstrom, Wechselstrom), Spannung, Stromstärke, Widerstand, Ohm'sches Gesetz, LED, Farbmodelle – RGB), wenn das gewünscht ist.

4 Alternative Wege

Im Projektzeitraum boomte das Angebot an Einplatinencomputern und Anregungen für den Einsatz im Hobbybereich, aber auch für den unterrichtlichen Einsatz im elementaren, aber auch im fortgeschrittenen Bereich. Das in diesem Beitrag vorgestellte Projekt ist einer von vielen möglichen Wegen zur Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern. Abschließend soll daher auf alternative Wege hingewiesen werden.

Auf der Plattform tinkercad.com können Schaltungen zu Bauteilen und Sensoren virtuell erstellt werden, die Sketche in der Entwicklungsumgebung IDE des Arduino programmiert und in der Simulation getestet werden. Anschließend können die Schaltungen mit realen Bauteilen nachgebaut und die Sketche auf den Arduino übertragen werden.

Da durch die Corona-Pandemie für einige Wochen kein Präsenzunterricht stattfinden konnte, erhielten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, die

Schaltungen der jeweiligen Materialien auf tinkercad.com nachzubauen und anschließend den entsprechenden Programmcode zu erstellen.

Dazu wurde auf tinkercad.com eine Klasse angelegt und jedem Lernenden ein Benutzername zugeordnet. Über diesen Benutzernamen konnte der Fortschritt individuell festgestellt werden.

Die Materialien erwiesen sich auch unter den besonderen Herausforderungen des Distanzunterrichts als geeignet.

Sehr motivierend für einen Einstieg in die Beschäftigung mit Mikrocontrollern erweisen sich mBots. Das sind kostengünstige Roboter, die in vielen Ländern bereits erfolgreich in Schulen eingesetzt werden. Die Programmierung ist sowohl in der Arduino IDE möglich als auch mit einem Drag-and-Drop-Programmierwerkzeug, das auf Scratch 2.0 basiert.

Seit Beginn des Projekts ist das Angebot an Einplatinencomputern deutlich gewachsen. Systeme wie der Calliope mini sind bereits in der Primarstufe erfolgreich einsetzbar. Es steht zu erwarten, dass im Wahlpflichtunterricht der Jahrgangsstufen 9 und 10 zukünftige Schülerinnen und Schüler bereits Vorkenntnisse in der Programmierung von Mikrocontrollern mitbringen werden und dann ein „sanfter Einstieg“ nicht mehr erforderlich ist. Gut, dass der Arduino hier eine Fülle von Möglichkeiten für eine vertiefte Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern und deren Programmierung bietet.

Weitere Anregungen für die unterrichtliche Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern findet man auch in der Linksammlung zum Thema „Helfer in Alltag und Arbeitswelt UV 9.2 – Wie werden Computer mit Hilfe von Sensoren und Aktoren selbständig?“⁵

Literatur

- Abshagen, M. (2015). *Praxishandbuch Sprachbildung Mathematik*. Stuttgart: Klett.
- Brüning, L. & Saum, T. (2007). *Erfolgreich unterrichten durch Visualisieren*. Essen: NDS.
- Frey, K. (2012). *Die Projektmethode. Der Weg zum bildenden Tun*. Weinheim: Beltz.
- Hartmann, W., Näf, M. & Reichert, R. (2007). *Informatikunterricht planen und durchführen*. Heidelberg: Springer.
- Klafki, W. (1991). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (2. Aufl.). Basel/Weinheim: Beltz, S. 270 ff.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2015). *Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen, Wahlpflichtunterricht Informatik* (Heft 33191). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2015). *Kernlehrplan für die Gesamtschule/Sekundarschule in Nordrhein-Westfalen, Wahlpflichtunterricht Informatik* (Heft 31221). Düsseldorf.
- Müller J. & Koerber, B. (2016). Editorial. *LOG IN*, 36 (185/186), 3.

5 Das Unterrichtsvorhaben wurde im Lehrplannavigator Gesamtschule/Realschule zum schulinternen Lehrplan WP Informatik veröffentlicht <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i>. Das Material kann über die Kategorie „Hinweise und Beispiele“ oder direkt über die Materialdatenbank der QUA-LiS abgerufen werden: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5213> [09.09.2020].

Projektgruppe

Annemarie Berendes, Realschule in der Südstadt, Paderborn

Silke Röwekamp, Hellweg-Realschule, Unna

Annette Schmidt, Hagen

Claudia Blazejewski, Realschule Adolf-Reichwein, Witten

Markus Kaatze, Realschule an der Burg, Herne

Annette Weber, Realschule Halden, Hagen

Thomas Münch, Realschule Balve, Balve

Heinz Joachim Ciprina, Realschule am Hemberg, Iserlohn

Michael Dohmen, Pelizaeus Gymnasium, Paderborn

Thomas Fiddicke, Martin-Niemöller-Gesamtschule, Bielefeld

Andy Notarnicola, Martin-Niemöller-Gesamtschule, Bielefeld

Der Raspberry Pi im Unterricht

Mikrocontrollerprogrammierung Informatik Gymnasium Wahlpflichtbereich II

ANDREAS PALLACK, THOMAS SCHULTE

Im WP-Unterricht der Jahrgänge 8 und 9 wird am Franz-Stock-Gymnasium Arnsberg der Kurs PIT, Physik/Informatik/Technik, angeboten. Im Rahmen dieses Kurses wurde eine Unterrichtsreihe entwickelt, die den Raspberry Pi, einen Minicomputer mit integriertem Mikrocontroller, verwendet. Über den Mikrocontroller, der mit einer grafischen Programmiersprache (Scratch) oder mit anderen Sprachen (z. B. Python) programmiert werden kann, werden Bauteile und Schaltungen gesteuert, die über ein Steckbrett mit dem Rechner verbunden werden (siehe Abbildung 2). Dieser Artikel soll einen Einblick in die möglichen Aktivitäten geben.

1 Projektbeschreibung und Ziele

Die zweite didaktische Grundfrage Wolfgang Klafkis lautet:

„Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft der Schüler? Inwieweit kann ihnen das Thema Kulturtechniken aufzeigen, die sie für die zukünftige private und berufliche Lebensführung benötigen?“ (Klafki, 1991, S. 270)

Schaut man sich die Produkte der Firma Boston Dynamics im Internet¹ an, kann man erahnen, in welcher Welt unsere Schülerinnen und Schüler von heute einmal leben werden. Mit Atlas, einem humanoiden Roboter der Firma, wird die vollautomatisierte Fabrik, die in der Automobilindustrie bereits Realität ist, auch in vielen anderen Bereichen vorstellbar. Die Forschungen im Bereich der Künstlichen Intelligenz, die eng mit der Entwicklung solcher Roboter wie Atlas verwoben sind, bringen in rasanter Geschwindigkeit immer neue Ergebnisse.

Dies bedingt auch, dass sich die Anzahl an Arbeitsplätzen, die mit dem Verständnis oder der Ausführung von Computerprogrammierung zu tun haben, weiter erhöhen wird. Gleichzeitig erhöhen sich mit zunehmender Komplexität die Anforderungen: Das bloße Programmieren reicht nicht mehr aus. Es gilt Zusammenhänge zu verstehen und ethische wie auch Sicherheitsfragen zu bedenken – und dies über alle Bereiche der Arbeitswelt.

Natürlich muss die demokratische Gesellschaft irgendwann die Frage beantworten, ob sie Grenzen setzen will. Doch schon heute gibt es autonom fahrende Busse und Autos auf Versuchsstrecken in den Städten und es bedarf keiner großen Fantasie sich vorzustellen, dass wir in einigen Jahrzehnten ein Verkehrskonzept haben werden, das durch autonomes Fahren geprägt ist. Autonome Autos sind nichts anderes als fahrende Roboter.

¹ <https://www.bostondynamics.com/> [30.06.2020].

„Everybody in this country should learn how to program a computer ... because it teaches you how to think.“ (Steve Jobs in Partovi & Partovi, 2013)

Diese Aussage kann erweitert werden: „und weil es vielen Spaß macht.“ Informatik ist eine Wissenschaft, die mit den von ihr entwickelten Systemen nahezu alle Bereiche von Forschung, Wirtschaft, Arbeit und Freizeit verbindet: Sie arbeitet interdisziplinär in verschiedenen Bereichen u. a. aus Technik, Naturwissenschaften und Mathematik, und sie vernetzt viele gesellschaftliche Bereiche. Obwohl Informatik nicht auf das Programmieren beschränkt ist, fördert gerade das Programmieren das Denken und Handeln, es greift immanent Strategien zur Erkenntnisgewinnung, wie z. B. Analyse, Synthese oder Rekursion, auf.

Eine weitere Motivation für das Projekt liefert der Medienkompetenzrahmen des Landes Nordrhein-Westfalen. Hier heißt es in Punkt 6 unter Spiegelstrich 6.3 „Modellieren und Programmieren“:

„Probleme formalisiert beschreiben, Problemlösestrategien entwickeln und dazu eine strukturierte, algorithmische Sequenz planen; diese auch durch Programmieren umsetzen und die gefundene Lösungsstrategie beurteilen.“ (Medienberatung NRW, 2019)

2 Unterrichtsreihe zur Einführung in die Beschaltung und Programmierung eines Mikrocontrollers

Begründung der Wahl des Raspberry Pi

In der folgenden Unterrichtsreihe zur Mikrocontrollerprogrammierung wird ein Raspberry Pi eingesetzt (siehe Abbildung 1). Dieses Gerät integriert einen vollständigen Rechner und einen Mikrocontroller. Es ist wartungsarm und kann mit wenigen Befehlen vor Änderungen geschützt werden (siehe auch Begleitmaterial). Die Hardware kann in der Regel nicht repariert, aber kostengünstig ausgetauscht werden. Die Schülerinnen und Schüler können Daten entweder auf eigenen USB-Sticks speichern, oder jede Gruppe erhält eine eigene SD-Karte, auf der sich auch das Betriebssystem und alle verwendeten Programme befinden.

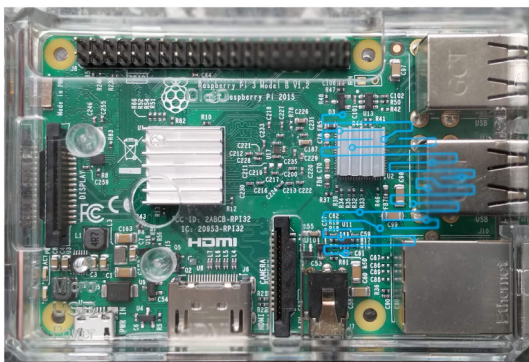


Abbildung 1: Raspberry Pi

In der Unterrichtsreihe stehen schülerorientierte Arbeitsformen wie problemlösender und entdeckender Unterricht im Vordergrund. Diese sind geprägt durch selbstständiges und durch Eigenaktivitäten des Einzelnen gesteuertes Arbeiten. Um das an einem so komplexen Thema wie der Mikrocontrollerprogrammierung realisieren zu können, müssen sich die Schülerinnen und Schüler sicher sein, dass sie die auftretenden Probleme lösen können. Dies soll im ersten Teil der Reihe nicht durch die Frustrationen, die der Syntaxdschungel einer nicht grafischen Sprache bietet, gefährdet werden. Isolation der Schwierigkeit: Im Mittelpunkt soll zunächst der Lerninhalt Mikrocontrollerprogrammierung stehen.

Der Raspberry Pi liefert in diesem Zusammenhang den entscheidenden Vorteil, dass sein Controller durch Scratch2 programmierbar ist, eine sehr einfach zu erlernende, grafische Programmiersprache.

Der Übergang zu Python

Im Laufe der Unterrichtsreihe wird ein Schrittmotor zum Unterrichtsgegenstand. Spätestens an dieser Stelle bemängeln die Schülerinnen und Schüler die geringe Geschwindigkeit. Hier wird dann der Performance-Mangel von Scratch problematisiert und die Scriptsprache Python kommt ins Spiel. Sie bietet Möglichkeiten bis hin zur Problematisierung der objektorientierten Programmierung und ist mit der auf dem Raspberry Pi vorinstallierten Entwicklungsumgebung Thonny sehr komfortabel verwendbar.

Verwendete Hardware

Als Inputbausteine für den Raspberry Pi wird ein einfacher Schalter sowie ein Infrarotsensor mit Schmitt-Trigger² verwendet. Obwohl es mit Einschränkung möglich ist, den Mikrocontroller des Raspberry Pi auch analog zu betreiben, ist er doch eher für die digitale Ansteuerung geeignet. Die digitale Sichtweise fiel den Schülerinnen und Schülern recht leicht. Auch sie kommt der Isolierung von Schwierigkeiten zugute.

Auf Output-Seite werden zunächst Leuchtdioden, dann Glühlämpchen gefolgt von Motoren verwendet. Da die Spannungen der Lämpchen mit 7 V schon über den Spannungsmöglichkeiten des Raspberry Pi liegen, kann hier der Einsatz eines Relais sehr einfach motiviert werden. Hierüber lassen sich dann auch Motoren ansteuern. Die von den Abmessungen her kleinere Bauform, der L293D³, wird von den Schülerinnen und Schülern problemlos als Blackbox akzeptiert.

Der Stepper, in dieser Reihe durch ein äußerst preiswertes Modell realisiert, wird über ein Modell aus Teilen der Physiksammlung, Spulen und Schalter eingeführt. Die Modellierung und Programmierung werden dann von den Lernenden selbstständig durchgeführt. An dieser Stelle kommt der Wunsch nach einer schnelleren Umgebung auf.

Zum einfachen Aufbau von Schaltungen ist es sinnvoll, ein Breadboard (Steckbrett) mit einem T-Cobbler (Adapterkabel zum Raspberry Pi) zu nutzen (Abbildung 2).

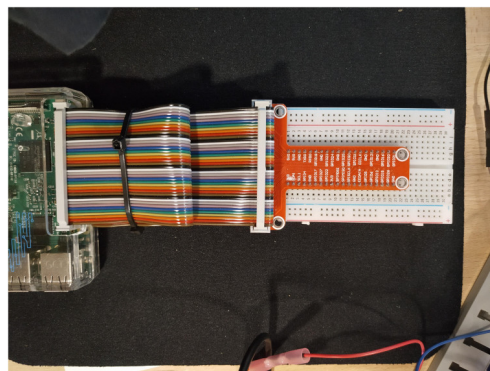


Abbildung 2: Breadboard und T-Cobbler

Design und Analysewerkzeug

Zur Darstellung der Schaltungen sowie als Design- und Analysewerkzeug auch im Unterrichtsgespräch wurde die freie Software Fritzing⁴ verwendet. Hierzu wurden eigene Abbildungen der verwendeten Bauteile und Spannungsquelle erzeugt⁵.

Die Unterrichtseinheiten

UE1: Wir entdecken den Raspberry Pi

Welche Bauteile von Computern kennen wir? Wo sind die Bauteile auf dem Raspberry Pi? Was ist sonst noch auf dem Rechner? Wie wird er gestartet und beendet? Dateisysteme in der LINUX-Welt.

2 Schmitt-Trigger = Schwellenwertschalter, der eindeutige binäre Schaltzustände ausgibt.

3 Motortreiber zur Ansteuerung von bis zu zwei Motoren.

4 Zum Herunterladen unter <https://github.com/fritzing/fritzing-app>, Informationen unter fritzing.org (Friends-Of-Fritzing e. V., 2020) [02.07.2020].

5 Siehe Begleitmaterial zum Projekt auf www.sinus.nrw.de.

Natürlich richtet sich die Dauer danach, welche Erfahrungen die Schülerinnen und Schüler bereits mit Rechnern haben. Den meisten fällt auf, dass sie auf ihren Computern die PINS so nicht haben.

UE2: Der Mikrocontroller des Raspberry Pi

Benennung der PINS, die besonderen PINS: Der 3V3 PIN, der GND PIN und der 5V PIN. Die PINS müssen über eine Programmiersprache gesteuert werden. Wir verwenden Scratch2.

UE3: Einführung in Scratch2

Diese UE richtet sich sehr stark nach der Vorerfahrung der Schülerinnen und Schüler. Falls sie noch keinerlei Erfahrung haben, bietet es sich an, den Kurs Scratch2 der Plattform www.appcamps.de in Teilen durchführen zu lassen.

UE4: Die Befehle „setgpio ... to ...“ und die Abfrage „gpio ... is high?“

Die Schülerinnen und Schüler setzen ihre Scratch2-Kenntnisse ein, um diese Befehlsgruppe zu erforschen. Man kann z. B. die Scratch-Katze dann vorwärtsgehen lassen, wenn der GPIO-PIN 12 auf HIGH steht.

UE5: Die LED als Indikator für den Zustand HIGH

In der Fachliteratur wird teilweise davor gewarnt, die LED direkt an den Output-Pin und Ground anzuschließen (siehe Abbildung 3). Bei uns ist dadurch bisher kein Raspberry Pi zu Schaden gekommen. Man muss natürlich hier die Verwendung von 5 V und 3V3 PINS strikt verbieten.

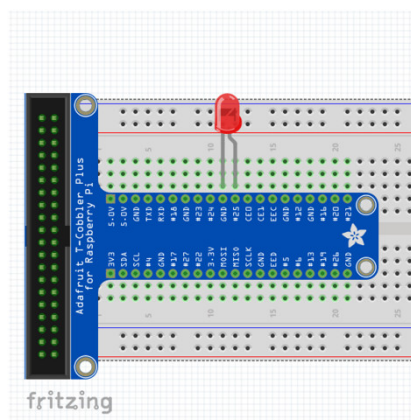


Abbildung 3: LED-Schaltung

Die Schülerinnen und Schüler erfahren in dieser UE auch, dass man eine LED immer richtig gepolt anschließen muss. Startaufgabe kann sein, Blinklichter zu programmieren. Danach werden die Schülerinnen und Schüler sehr schnell eigene Ideen realisieren.

UE6: Die Programmierung einer Straßenampel mit drei LED

Hier wird zunächst der Ein- und Ausschaltzyklus der Ampelleuchten besprochen. Danach modellieren und programmieren die Schülerinnen und Schüler selbstständig.

UE7: Das Relais und die externe Spannungsquelle

Diese sehr umfangreiche UE wird dadurch motiviert, dass ein Modell der Ampel mit Fischertechnik gebaut und dabei klar wird, dass die Lampen mehr als

die 3,3 V benötigen, um zu leuchten. Hier kommt die externe Spannungsquelle (mit integriertem Volt- und Amperemeter) ins Spiel. Um sie zu schalten, wird ein Relaisbaustein verwendet.

Bei der benötigten Zeit für die UE kommt es sehr darauf an, inwieweit im Physikunterricht schon Schalter, Wechselschalter, Relais sowie elektrische Stromstärke und Spannung besprochen wurden. Ein Gespräch mit der Physiklehrkraft ist hier unabdingbar.

UE8: Der Motor soll sich nach links und rechts drehen

Es wird ein Relaisbaustein mit 4 Relais verwendet, benötigt für diese Schaltung werden jedoch nur zwei davon. Sehr gute Schülerinnen und Schüler schaffen es, die Schaltung selbst zu entwickeln, andere benötigen Hilfestellungen. Die Schülerinnen und Schüler erkennen hier, wie sinnvoll die Verwendung von elektrischen Schaltbildern ist. Am Ende sollte die gemeinsame Besprechung eines optimierten Schaltbildes stehen. Natürlich wird die Schaltung realisiert. Wer das mit Fischertechnik macht, kann den Motor auf einer Zahnstange von links nach rechts fahren lassen.

UE9: Der Input-Pin

Der Input-Pin wird über einen einfachen Taster eingeführt, der über einen Widerstand einen mit dem 3V3 Pin verbundenen Input-Pin auf Ground schaltet (siehe Abbildung 4). Alternativ kann man direkt zum Sensor übergehen, wodurch eine Problematisierung von Pullup- und Pulldown-Widerständen unnötig wird. Später in Python kommt man jedoch nicht darum herum, das Thema aufzugreifen, da man hier bei der Initialisierung des Input-Pins entsprechende Angaben machen muss.

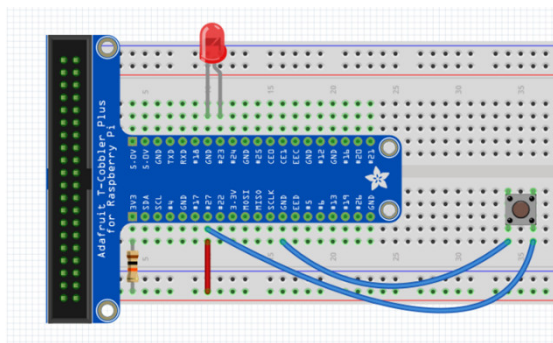


Abbildung 4: LED mit Taster

UE10: Wie funktioniert ein Bewegungsmelder

Es wird ein Infrarotsensor zur Steuerung eines Relais verwendet. Es ist erstaunlich, wie überaus begeistert die Schülerinnen und Schüler auf diese Schaltung reagieren, obwohl Bewegungsmelder heute überall eingesetzt werden.

UE11: Optimierungen der Motorsteuerung durch den L293D

Wir lernen einen IC kennen, der spezielle Fähigkeiten hat. Dies ist für die Schülerinnen und Schüler das erste Mal, dass sie einen IC bewusst verwenden. Dass die heutige Welt ohne diese Bausteine nicht mehr vorstellbar ist, muss nicht extra gesagt werden.

UE12: Der Elektromotor lässt sich nicht genau positionieren, eine Alternative ist der Stepper

Im Titel ist schon abzulesen, wie der Stepper motiviert wird. Das Problem, einen Gegenstand durch einen Motor genau zu positionieren, lässt sich durch Sensor und Motor, einen Stepper oder einen Servomotor lösen. Wir verwenden hier den Stepper.

UE13: Python, damit es schneller geht

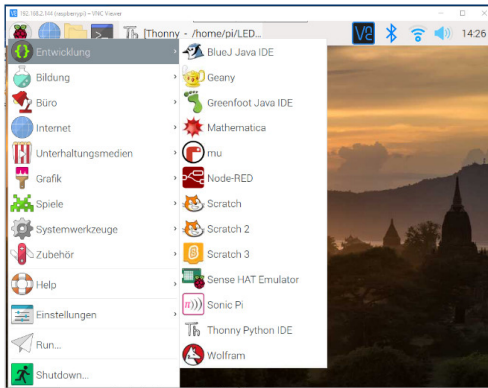


Abbildung 5: Thonny Python IDE

Der Stepper läuft mit Scratch sehr langsam. Um zu testen, ob er mit einer anderen Programmiersprache schneller läuft, wird Python eingesetzt. Das bietet sich an, da die Programmierumgebung Thonny auf dem Raspberry Pi bereits vorinstalliert ist. Auf Scratch-Befehle basierende Templates helfen dabei. Wer hier noch weiterarbeiten möchte, kann auf www.appcamps.de den Python-Kurs verwenden. Die Erfahrung zeigt, dass sich die Schülerinnen und Schüler nach den vorhergehenden Reihen selbstbewusst an die neue Sprache heranwagen. Es steht ihnen frei, welche der vorhergehenden Versuche sie nun mit Python wiederholen möchten.

UE14: Technische Verbesserungen, ein Motor Drive Controller Board mit dem IC L298N

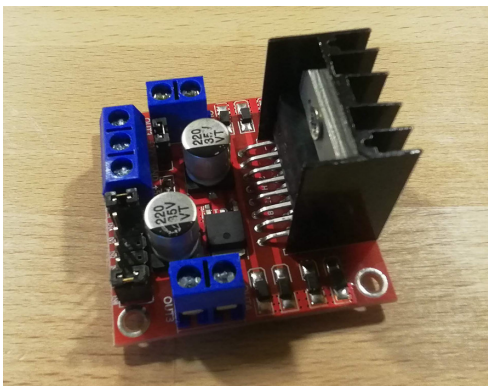


Abbildung 6: L298N-Baustein

Sehr ähnlich arbeitend wie der L293D kann man den Motortreiber L298N verwenden. Es wird auf der Basis einer Anschlussbeschreibung experimentiert und Ideen für mögliche Einsatzzwecke entwickelt.

Was nun angeschlossen werden soll, eine Vertiefung der Programmiersprache Python oder ein technisches Projekt, muss situationsabhängig entschieden werden. Objektorientierte Programmierung, bei der man tatsächlich Objekte programmiert, lässt das theoretische Konzept in anderem Licht erscheinen. Wenn man genügend finanzielle Mittel zur Verfügung hat, kann man sich mit dem erworbenen Wissen aber auch an Projekte heranwagen, die bis zum 3D-Drucker reichen.

Aus den möglichen Eingangs- und Ausgangsverarbeitungen lassen sich nun Projekte entwickeln, angefangen bei einfachen Steuerungen über dem Modell eines eigenen Smart-Home bis hin zur Entwicklung von Robotern. Bei der Realisierung wird man jedoch schnell an die Grenzen von Scratch stoßen. Die Sprache ist einfach nicht performant genug. Hier wird schnell der Wunsch nach einer höheren Programmiersprache wach, die schnellere Abläufe erlaubt. Hierzu bietet sich beim Raspberry Pi die Sprache Python an, für die die Silbe „Pi“ im Namen des Rechners steht.

3 Erfahrungsbericht

Der Ablauf der Unterrichtsreihe hängt sehr von der Lerngruppe ab. Wie stark sind die Schülerinnen und Schüler bereits daran gewöhnt, selbstständig zu arbeiten? Mit zunehmendem Selbstbewusstsein werden die Ergebnisse besser.

Bisher ist erst ein Raspberry Pi zerstört worden. Hierbei handelte es sich nicht um ein Experiment einer Gruppe leistungsstarker Schülerinnen und Schüler, sondern um eine Unkonzentriertheit einer schwächeren Schülergruppe.

Hohe Sorgfalt sollte auf die Einführung des Steckbretts gelegt werden. Einige Schülerinnen und Schüler haben lange Schwierigkeiten damit, sich die leitenden Verbindungen vorzustellen. Es gibt T-Cobbler, die gleich den 3,3 V- und den 5 V-Anschluss auf die äußeren Bahnen des Breadboards legen. Diese T-Cobbler sollte man nicht verwenden, da bei deren Nutzung zu schnell Fehler passieren.

Viele Schülerinnen und Schüler fühlen sich in der beschriebenen Lernumgebung nach einer gewissen Einarbeitungszeit sehr wohl. Sie arbeiten kreativ, konzentriert und selbstständig unter minimaler Anleitung. Für die Schülerinnen und Schüler, die sich bis zum Ende der Reihe schwertaten, waren die mit Fritzing erstellbaren Grafiken eine enorme Hilfe. Sie zeigten Lösungen auf oder beschrieben Teillösungen, die dann ausgearbeitet werden mussten. Der Stepper wurde im Modell aus vier Elektromagneten mit Schaltern und einem zentral aufgestellten, drehbar gelagerten Stabmagneten als Demonstrationsversuch aus der Physiksammlung aufgebaut. Die Schülerinnen und Schüler haben aus dem Modell ein Programm zur Steuerung des Steppers entwickelt. Es wurde untersucht, wie viele Zyklen die Schleife des Programms durchlaufen muss, um den Stepper um 360° zu drehen. Anschließend wurde das Programm so verändert, dass es auf die Eingabe eines Winkels mit der entsprechenden Drehung des Rotors reagierte. Die Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler gelang dabei durch nur wenige steuernde Impulse.

Projektbeispiele

Der Flipper

In der Holzwerkstatt hergestellt bietet der Flipper (siehe Abbildung 7) einen idealen Einsatzort für Sensoren, Lampen und Summer.

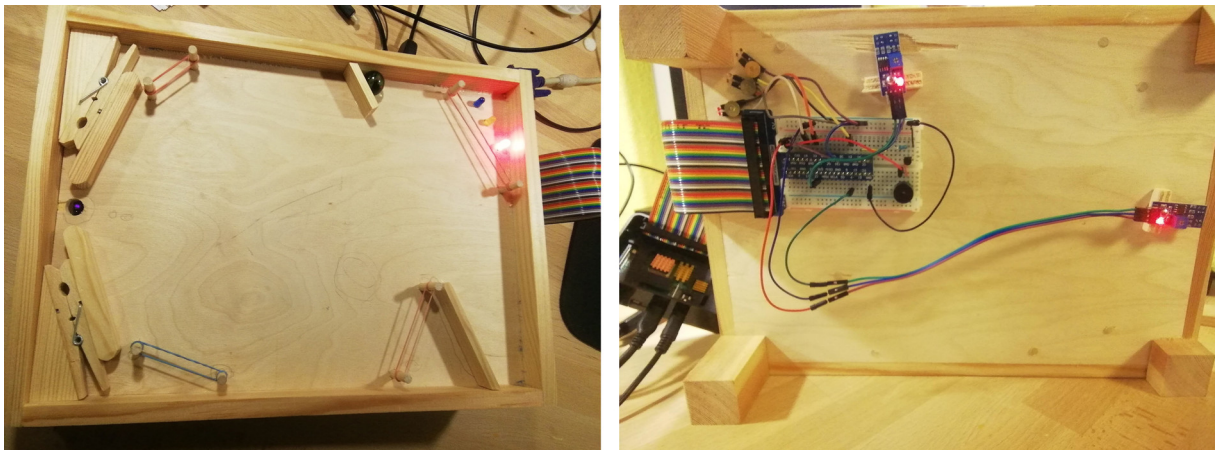


Abbildung 7: Flipper von oben (links) und von unten (rechts)

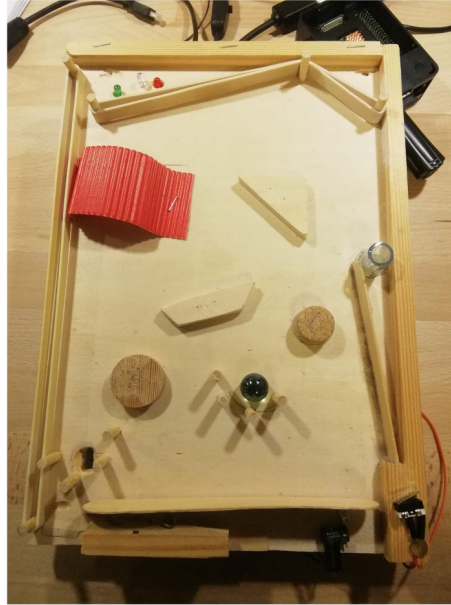


Abbildung 8: Kugelspiel

Er ist auch als einfaches Kugelspiel (siehe Abbildung 8) oder als eine Kombination aus beiden geeignet.

Die Türme von Hanoi

Bei den Türmen von Hanoi (siehe Abbildung 9) ist sowohl der Bau als auch die elektronische Ausführung deutlich schwieriger. Der Roboter kann den Turm von Hanoi verschieben. Theoretisch ist die Realisation auf Programmebene auch mit Scratch möglich, der Roboter läuft dann aber sehr langsam. Hier ist in jedem Falle Python vorzuziehen. Das Programm zum Spiel ist ein Standardbeispiel für rekursive Programmierung. Zu beachten ist, dass die Verwendung des IC L293D ohne Kühlkörper hier an Grenzen stößt, weil der Chip einfach zu heiß wird, als Folge kann das Breadboard schmelzen. Letztlich wurde der oben beschriebene L298N-Baustein verwendet, der über eine ausreichende Kühlung verfügt.

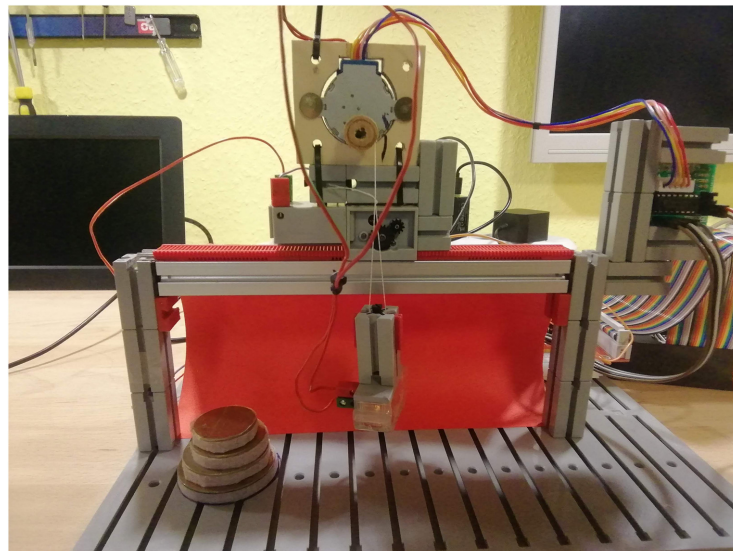


Abbildung 9: Turm von Hanoi

Literatur

- Allgemeiner Deutscher Automobil Club (ADAC) (Hrsg.) (2019). *Autonomes Fahren. Digital entspannt in die Zukunft*. Verfügbar unter <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/technik-vernetzung/aktuelle-technik/> [02.07.2020].
- Friends-Of-Fritzing e. V. (2020). *Fritzing. Electronics made easy*. Verfügbar unter <https://fritzing.org/> [02.07.2020].
- Klafki, W. (1991). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (Reihe Pädagogik, 2., erw. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Medienberatung NRW (Hrsg.) (2019). *Medienkompetenzrahmen NRW*. Verfügbar unter <https://medienkompetenzrahmen.nrw/> [02.07.2020].
- Partovi, H. & Partovi, A. (2013). *What Most Schools Don't Teach* (Code.org). Verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=nKlu9yen5nc> [02.07.2020].

Projektgruppe

Dr. Andreas Pallack, Franz-Stock-Gymnasium Arnsberg
Thomas Schulte, Franz-Stock-Gymnasium Arnsberg

QUA-LiS NRW – Beiträge zur Schulentwicklung

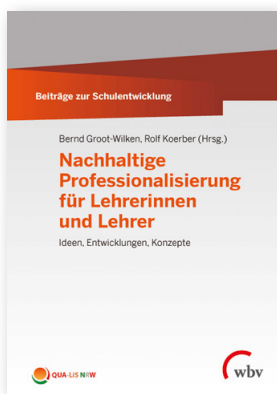
➔ wbv.de/qua-lis

Die Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule (QUA-LiS NRW) bietet mit den Beiträgen zur Schulentwicklung ein Angebot zur Unterstützung für die Schul- und Unterrichtspraxis.

Zum einen werden wissenschaftsnahe Bände veröffentlicht, die für interessierte Leserinnen und Leser aus dem Bildungsbereich den aktuellen Fachdiskurs zu verschiedenen schulrelevanten Themen aufgreifen.

Die mit dem Label PRAXIS versehenen Bände enthalten zum anderen konkrete Handreichungen und Materialien für Schule und Unterricht.

Neue Titel (u.a.)

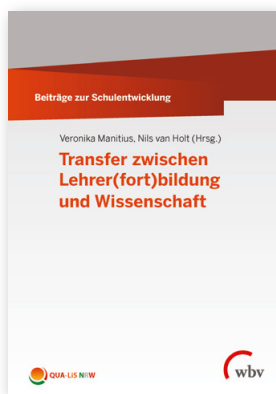


Bernd Groot-Wilken,
Rolf Koerber (Hg.)

Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer

Ideen, Entwicklungen, Konzepte

Beiträge zur Schulentwicklung
2019, 337 S., 24,90 € (D)
ISBN 978-3-7639-6085-9
Als E-Book verfügbar



Veronika Manitus,
Nils van Holt (Hg.)

Transfer zwischen Lehrer(fort)-bildung und Wissenschaft

Beiträge zur Schulentwicklung
2019, 235 S., 24,90 € (D)
ISBN 978-3-7639-6088-0
Als E-Book verfügbar



Anke Schumacher,
Eva Adelt (Hg.)

Lern- und Entwicklungsplanung in der Praxis

Lernprozesse begleiten und individuell gestalten

Beiträge zur Schulentwicklung | PRAXIS
2020, 200 S., 29,90 € (D)
ISBN 978-3-7639-6100-9
Als E-Book bei verfügbar

Die Beiträge stellen innovative Konzepte für einen kognitiv aktivierenden Unterricht in den MINT-Fächern vor. Die Autorinnen und Autoren präsentieren fächerübergreifende Unterrichtskonzepte, die die Lernenden motivieren und Impulse für nachhaltiges Lernen und bewusstes Handeln geben. Themen sind unter anderem ein differenzierter Mathematikunterricht, das mathematische Prüfungsgespräch im mündlichen Abitur, Chemie in heterogenen Lerngruppen, Neuroenhancement, kompetenzorientierter Informatikunterricht oder das Niedrigenergiehaus als Beispiel für projektorientierten Technikunterricht.

Alle vorgestellten Konzepte und Materialien wurden von Lehrkräften im Projekt SINUS.NRW entwickelt und wissenschaftlich begleitet. Das SINUS-Projekt zur Steigerung der Effizienz des Unterrichts in den MINT-Fächern wurde von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung initiiert und wird seit 2007 vom Land Nordrhein-Westfalen (NRW) fortgeführt.

Die Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule (QUA-LiS NRW) bietet mit den „Beiträgen zur Schulentwicklung“ ein Angebot zur Unterstützung für die Schul- und Unterrichtspraxis. Zum einen werden wissenschaftsnahe Bände veröffentlicht, die für interessierte Leserinnen und Leser aus dem Bildungsbereich den aktuellen Fachdiskurs zu verschiedenen schulrelevanten Themen aufgreifen. Die mit dem Label „PRAXIS“ versehenen Bände enthalten zum anderen konkrete Handreichungen und Materialien für Schule und Unterricht.

ISSN 2509-3479
ISBN 978-3-7639-6229-7



ISBN: 978-3-7639-6229-7