

Armin Baur | Natalie Baumgartner-Hirscher | Antti Lehtinen |
Caroline Neudecker | Pasi Nieminen | Marios Papaevripidou |
Susanne Rohrmann | Iris Schiffel | Martina Schuknecht |
Lisa Virtbauer | Nikoletta Xenofontos

Differenzierung beim Inquiry-based Learning im naturwissenschaftlichen Unterricht

Ein Differenzierungstool für
das Experimentieren im Sinne
des Forschenden Lernens

Armin Baur | Natalie Baumgartner-Hirscher | Antti Lehtinen |
Caroline Neudecker | Pasi Nieminen | Marios Papaevripidou |
Susanne Rohrmann | Iris Schiff | Martina Schuknecht | Lisa Virtbauer |
Nikoletta Xenofontos
Differenzierung beim Inquiry-based Learning
im naturwissenschaftlichen Unterricht

Armin Baur | Natalie Baumgartner-Hirscher |
Antti Lehtinen | Caroline Neudecker | Pasi Nieminen |
Marios Papaevripidou | Susanne Rohrmann | Iris Schiffel |
Martina Schuknecht | Lisa Virtbauer | Nikoletta Xenofontos

Differenzierung beim Inquiry-based Learning im naturwissenschaftlichen Unterricht

Ein Differenzierungstool
für das Experimentieren
im Sinne des Forschenden Lernens

Förderung:

Dieses Projekt wurde durch das Erasmus+-Programm Strategische Partnerschaften für die Schulbildung der Europäischen Union gefördert (Agreement Number: 2019-1-DE03-KA201-059602).



Kofinanziert durch das
Programm Erasmus+
der Europäischen Union

Nationale Agentur:

Pädagogischer Austauschdienst des Sekretariats der Kultusministerkonferenz [PAD]

Nationale Agentur für EU-Programme im Schulbereich, Graurheindorfer Straße 157, 53117 Bonn

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Der Text dieser Publikation wird unter der Lizenz **Creative Commons Namensnennung Share Alike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)** veröffentlicht. Den vollständigen Lizenztext finden Sie unter: Den vollständigen Lizenztext finden Sie unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>. Verwertung, die den Rahmen der **CC BY-SA 4.0 Lizenz** überschreitet, ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Die in diesem Werk enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Quellenangabe/ Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Dieses Buch ist erhältlich als:

ISBN 978-3-7799-7106-1 Print

ISBN 978-3-7799-7107-8 E-Book (PDF)

1. Auflage 2022

© 2022 Beltz Juventa

in der Verlagsgruppe Beltz · Weinheim Basel

Werderstraße 10, 69469 Weinheim

Einige Rechte vorbehalten

Herstellung: Ulrike Poppel

Satz: text plus form, Dresden

Druck und Bindung: Beltz Grafische Betriebe, Bad Langensalza

Beltz Grafische Betriebe ist ein klimaneutrales Unternehmen (ID 15985-2104-100)

Printed in Germany

Weitere Informationen zu unseren Autor_innen und Titeln finden Sie unter: www.beltz.de

Inhalt

Die Autor:innen	7
Die Projektpartner	11
1 Einleitung	13
2 Differenzierung und Scaffolding <i>Iris Schiffl, Natalie Baumgartner-Hirscher</i>	17
3 Inquiry-based Learning (Forschendes Lernen) <i>Armin Baur, Nikoletta Xenofontos, Marios Papaevripidou</i>	34
4 Experimente und ihr Einsatz beim Inquiry-based Learning <i>Susanne Rohrmann, Lisa Virtbauer, Armin Baur</i>	60
5 Kompetenzdiagnose beim Inquiry-based Learning <i>Antti Lehtinen, Iris Schiffl, Pasi Nieminen, Natalie Baumgartner-Hirscher</i>	78
6 Differenzierungstool für Inquiry-based Learning <i>Armin Baur, Nikoletta Xenofontos, Pasi Nieminen, Susanne Rohrmann</i>	99
7 Unterrichtsbeispiele: Anwendung des Differenzierungstools <i>Armin Baur, Caroline Neudecker, Pasi Nieminen, Martina Schuknecht, Nikoletta Xenofontos</i>	133
7.1 Quellen und Schwinden bei Holz <i>Armin Baur, Martina Schuknecht</i>	133
7.2 Neutralisation von Magensäure <i>Martina Schuknecht</i>	144
7.3 Metalle reagieren mit Salzsäure <i>Martina Schuknecht</i>	153
7.4 Die Rolle von Ruß bei der globalen Erwärmung <i>Caroline Neudecker</i>	163

7.5	Faktoren, die das Schmelzen von Eis beeinflussen <i>Pasi Nieminen</i>	177
7.6	Wärme und Temperatur <i>Nikoletta Xenofontos</i>	185
7.7	Lichtsinn bei Regenwürmern <i>Armin Baur</i>	195
8	Sicherheitsbestimmungen beim experimentellen Arbeiten <i>Susanne Rohrmann, Lisa Virtbauer</i>	203
9	Glossar	214
10	Danksagung	223

Die Autor:innen

Natalie Baumgartner-Hirscher (Dr., w) studierte Mathematik und Biologie an der Paris-Lodron-Universität in Salzburg. Nach ihrem Abschluss begann sie an einem Gymnasium mit Schwerpunkt naturwissenschaftlicher Unterricht zu arbeiten, wo sie bis heute unterrichtet. Seit 2013 arbeitet sie an der School of Education in Salzburg und promovierte dort im Bereich Mediendidaktik und Sexualpädagogik. Ihre Hauptaufgabengebiete liegen in der Biologiedidaktik und in der erziehungswissenschaftlichen Ausbildung angehender Lehrkräfte der Sekundarstufe.

Armin Baur (Prof. Dr., m) studierte Lehramt an der Pädagogischen Hochschule in Ludwigsburg. Nach seinem Abschluss arbeitete er als Lehrer und als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Pädagogischen Hochschule in Schwäbisch Gmünd. Derzeit ist er als Professor für Biologie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule in Heidelberg tätig. In seiner Forschung setzt er sich mit Fehlern und Fehlkonzepten von Schülerinnen und Schülern während des selbstständigen problemorientierten Experimentes und mit Lehrkräftefortbildungen zum Experimentieren auseinander.

Antti Lehtinen (Dr., m) arbeitet als Senior Lecture in einer übergreifenden Stelle am Department of Physics und Department of Teacher Education an der Universität of Jyväskylä, Finnland. Er absolvierte einen MSc-Studiengang für das Lehramt im Fach Physik und einen PhD-Studiengang in naturwissenschaftlicher Bildung an der Universität Jyväskylä. Er bietet Kurse für Lehramtsstudierende an. Seine Forschungsinteressen umfassen Inquiry-based Learning in allen Schularten bis zur Universität, Interaktion im Klassenzimmer, Simulationen und andere Bildungstechnologien sowie die Entwicklung von universitärem Physikunterricht und Physiklernen.

Caroline Neudecker (Mag. BSc, w) studierte Ökologie und Biodiversität sowie Biologie/Umweltkunde und Geografie/Wirtschaftskunde für das Lehramt an Sekundarstufen. Sie unterrichtet diese Fächer und leitet das Naturwissenschaftliche Labor am BORG Straßwalchen. Neben ihrer Tätigkeit als Lehrerin arbeitet sie als Vortragende für Fachdidaktik an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg und als pädagogisch-didaktische Leiterin der Spürnasenecke GmbH (Forscherlabor für Kinder) mit den Schwerpunkten Entwicklung von Versuchen zum Inquiry-based Learning für alle MINT-Bereiche sowie Ausbildung von Elementar- und Primarpädagoginnen und Primarpädagogen.

Pasi Nieminen (Dr., m) ist Senior Lecture am Department of Teacher Education an der University of Jyväskylä (JYU), Finnland. Er absolvierte einen MSc-Studiengang in Subject Teacher Education an der JYU (Hauptfach Physik). Nach dem Abschluss unterrichtete er Physik, Chemie und Mathematik an einer Schule. Seine Doktorarbeit befasste sich mit dem Physiklernen mit multiplen Repräsentationen. Nach der Dissertation (2013) arbeitete er in nationalen und internationalen Projekten mit dem Schwerpunkt forschendes naturwissenschaftliches und mathematisches Lernen. In seiner Arbeit befasst er sich mit formativer und summativer Bewertung, Argumentation, Unterrichtsführung und Differenzierung beim IBL.

Marios Papaevripidou (Dr., m) ist Specialist Teaching Fellow of Science Education und Senior Research Associate der Research in Science and Technology Education Group am Department of Education der Universität Zypern. Er absolvierte einen Bachelor-Studiengang in Pädagogik, einen Master-Studiengang in Learning in Natural Sciences und einen PhD-Studiengang in Learning in Natural Sciences an der University of Cyprus. Seine Forschungsinteressen umfassen die Verwendung von Modellierung als Lernwerkzeug und Lehransatz im naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen sowie die Gestaltung und Validierung von Lehrplänen zur Förderung der beruflichen Entwicklung von Lehrerinnen und Lehrern in STEM/STEAM/STEAME. Er nahm an mehreren Forschungsprojekten teil, die sich darauf konzentrierten, die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler in MINT durch modellierungs- und forschungsbasierte Aktivitäten zu verbessern und Lehrkräfte darauf vorzubereiten, den naturwissenschaftlichen Unterricht durch modellzentrierte naturwissenschaftliche Untersuchungen unter Verwendung von Technologie umzusetzen.

Susanne Rohrmann (Dr., w) ist Akademische Oberrätin im Fach Biologie der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Sie ist Gymnasiallehrerin für Biologie und Chemie und hat in Biologie über ein mykologisches Thema promoviert. Ihre Schwerpunkte in der Lehre sind Botanik, Experimentieren in der Schule, Ökologie und Exkursionen. In der Forschung ist sie derzeit mit dem Erasmus+-Projekt DifferentiatInq befasst.

Iris Schifffl (Ass.-Prof. Priv.-Doz. MMag. Dr., w) studierte Biologie, Psychologie und Philosophie auf Lehramt sowie Psychologie Diplom an der Universität Salzburg. Sie arbeitete als Sekundarstufenlehrerin für Biologie, Physik, Psychologie und Philosophie, während sie ihre Ausbildung zur Klinischen und Gesundheitspsychologin sowie das Doktoratsstudium der Biologiedidaktik absolvierte. Nach ihrer Habilitation im Fach Biologiedidaktik begann sie ihre Tätigkeit an der School of Education der Universität Salzburg in der Abteilung für Didaktik der Naturwissenschaften. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Diagnose und För-

derung naturwissenschaftlicher Kompetenzen, Gesundheitsthemen im Biologieunterricht sowie die Ausbildung von Lehramtsstudierenden in schulischen Praktikumsphasen.

Martina Schuknecht (w) studierte an der Technischen Universität Berlin Chemie und Geschichte für die Sekundarstufe I und II. Nach dem zweiten Staatsexamen arbeitete sie zunächst am Friedrich-Schiller-Gymnasium in Ludwigsburg. Später wechselte sie an die neu gegründete Gemeinschaftsschule Innenstadt Ludwigsburg, an deren Konzeption sie bereits zwei Jahre zuvor mitwirkte. Seit dem Schuljahr 2017/2018 ist sie zusätzlich Fachberaterin für die Fächer Naturwissenschaft und Technik (NwT) und Chemie.

Lisa Virtbauer (Dr., w) ist Senior Scientist an der School of Education der Paris Lodron Universität Salzburg. Nach dem Lehramtsstudium unterrichtete sie Biologie, Psychologie und Philosophie und arbeitete als Zoopädagogin im Zoo Salzburg. An der Universität Salzburg leitet sie das Schulbiologiezentrum, dessen Schwerpunkt die Arbeit mit lebenden Tieren im Biologieunterricht darstellt. Angehende sowie in der Praxis stehende Lehrkräfte werden darin geschult, wie Tiere im Unterricht eingesetzt werden können. In ihrer Dissertation befasste sie sich mit Emotionen und Interesse im Umgang mit lebenden Tieren sowie den Einstellungen von Lehrkräften zum Einsatz von Lebewesen. Weitere Schwerpunkte in Forschung und Lehre stellen Experimente im Biologieunterricht sowie forschendes Lernen dar.

Nikoletta Xenofontos (Dr., w) absolvierte einen Bachelor-Studiengang in Pädagogik, einen Master-Studiengang und einen PhD-Studiengang in Learning in Natural Sciences an der Universität von Zypern. Ihre Forschungsinteressen konzentrieren sich auf die Verbesserung des konzeptionellen Verständnisses der Schülerinnen und Schüler und den Erwerb von Forschungsfähigkeiten durch den Einsatz von technischen Medien. Insbesondere untersucht sie die Auswirkungen mehrerer Software-Scaffolds, die in computergestützte Untersuchungslernumgebungen eingebettet sind und an denen virtuelle Experimente beteiligt sind. Von 2008 bis 2017 war sie als Lehrassistentin an der Universität von Zypern tätig und nahm an nationalen und EU-finanzierten Projekten teil, die sich auf naturwissenschaftliches Inquiry-based Learning und den Einsatz von Technologie konzentrierten. Derzeit ist sie an Forschungsprojekten zur MINT-Bildung und Robotik beteiligt.

Die am Projekt koordinierend tätigen Lehrkräfte

Claudia Kriechbaum (Mag. Mag., w) studierte an der Universität Wien und an der Universität für Bodenkultur in Wien das Diplomstudium Biologie/Zoologie und arbeitete in der Sparte Gewässerökologie. Später absolvierte sie das Lehramtsstudium Biologie und Erdwissenschaften an der Paris Lodron Universität Salzburg. Sie unterrichtete als Sekundarstufenlehrerin für die Sek. I und Sek. II für Biologie zunächst am Bundesrealgymnasium Brucknerstraße in Wels, und wechselte im Schuljahr 2013/14 an das Bundesrealgymnasium Schloss Wagrain in Vöcklabruck.

Caroline Neudecker (Mag. BSc, w) studierte Ökologie und Biodiversität sowie Biologie/Umweltkunde und Geografie/Wirtschaftskunde für das Lehramt an Sekundarstufen. Sie unterrichtet diese Fächer und leitet das Naturwissenschaftliche Labor am BORG Straßwalchen. Neben ihrer Tätigkeit als Lehrerin arbeitet sie als Vortragende für Fachdidaktik an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg und als pädagogisch-didaktische Leiterin der Spürnasenecke GmbH (Forscherlabor für Kinder) mit den Schwerpunkten Entwicklung von Versuchen zum Inquiry-based Learning für alle MINT-Bereiche sowie Ausbildung von Elementar- und Primarpädagoginnen und Primarpädagogen.

Sami Santavuori (m) ist Fachlehrer (MSc) für Mathematik, Physik und Chemie. Er arbeitet seit 20 Jahren in der Sekundarstufe I und II in Finnland. Er hat in Kooperation mit der Universität Jyväskylä an mehreren Projekten zu verschiedenen Perspektiven des Lernens zusammengearbeitet.

Martina Schuknecht (w) studierte an der Technischen Universität Berlin Chemie und Geschichte für die Sekundarstufe I und II. Nach dem zweiten Staatsexamen arbeitete sie zunächst am Friedrich-Schiller-Gymnasium in Ludwigsburg. Später wechselte sie an die neu gegründete Gemeinschaftsschule Innenstadt Ludwigsburg, an deren Konzeption sie bereits zwei Jahre zuvor mitwirkte. Seit dem Schuljahr 2017/2018 ist sie zusätzlich Fachberaterin für die Fächer Naturwissenschaft und Technik (NwT) und Chemie.

Vasilis Teneketzidis (m) wurde in Griechenland geboren und studierte in Griechenland. Er hat einen Bachelor-Abschluss in Physik von der Fakultät für Naturwissenschaften, Abteilung für Physik der Aristoteles-Universität Thessaloniki. Seit 2005 lebt er in Zypern und unterrichtet Physik an öffentlichen Gymnasien.

Die Projektpartner

Die teilnehmenden Schulen:



BRG Schloss Wagrain
Schlossstraße 31
4840 Vöcklabruck – Österreich



Bundesoberstufenrealgymnasium Straßwalchen
Braunauerstraße 6
5204 Straßwalchen – Österreich



Lykeio Aradippou
Anagenniseos 5
7101 Aradippou – Zypern



Vaajakummun koulu
Harjutie 2A
40800 Vaajakoski – Finnland



*Gemeinschaftsschule
Innenstadt Ludwigsburg*
Alleenstraße 21
71638 Ludwigsburg – Deutschland

Die teilnehmenden Hochschulen:



Paris-Lodron-Universität Salzburg
Kapitelgasse 4–6
5020 Salzburg – Österreich



University of Cyprus
Kallipoleos Street 75
1678 Nicosia – Zypern



University of Jyväskylä
Seminaarinkatu 15
40100 Jyväskylä – Finland



Pädagogische Hochschule Heidelberg
Keplerstraße 87
69120 Heidelberg – Deutschland

1 Einleitung

Innere Differenzierung ist zu einem wichtigen Thema für alle Schulfächer geworden (Heymann, 2010). Bei der inneren Differenzierung (Synonym: Binnendifferenzierung) werden die Lernenden einer Klasse in Gruppen aufgeteilt, die durch ein abgestimmtes Angebot an Lernmaterialien unterstützt werden, sodass der Lernerfolg für alle gesichert werden kann. Diese Gruppen können homogene Gruppen – leistungsstarke Gruppen, leistungsschwache Gruppen und Gruppen, die dazwischen liegen – oder heterogene Gruppen sein. Bei heterogenen Gruppen können sich die Lernenden der einzelnen Gruppen untereinander entsprechend ihrer Stärken unterstützen. Es gibt unterschiedliche Ausrichtungen der inneren Differenzierung, so können das Interesse der Schülerinnen und Schüler, ihr Vorwissen, ihr kognitiver Entwicklungsstand oder ihre Kompetenzen adressiert werden. Konzepte zur Differenzierung in Bezug auf die Leistung (Leistungsdifferenzierung) existieren hauptsächlich für inhaltliche Kompetenzen sowie Lesen, Schreiben und mathematische Kompetenzen (z. B. Tomlinson & Moon, 2013). Differenzierung in Bezug auf prozedurale Kompetenzen in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern (Biologie, Chemie und Physik) wurden bisher kaum entwickelt. Dies, obwohl die Bedeutung von prozeduralen Kompetenzen (z. B. Kompetenzen zum Ausführen von Methoden zur Erkenntnisgewinnung) im naturwissenschaftlichen Unterricht unbestritten ist (Bybee, 2002; Hodson, 2014). Der Bericht „Science Education for Responsible Citizenship“ (Hazelkorn et al., 2015) an die Europäische Union empfiehlt eine stärkere Einbindung von Inquiry-based Ansätzen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Inquiry-based Learning ist ein solcher Inquiry-based Ansatz. Inquiry-based Learning wird im deutschsprachigen Raum oft mit *Forschendem Lernen* übersetzt. Leider sind die Definitionen von Forschendem Lernen unterschiedlich (Huber, 2014) und nicht immer komplett kongruent zu Inquiry-based Learning. Zum Teil wird der Terminus Forschendes Lernen auch explizit für die Hochschullehre verwendet (siehe hier z. B. Huber, 2014). Aus diesem Grund wir im Buch, um Missverständnisse auszuschließen, die englische Begrifflichkeit Inquiry-based Learning verwendet, da wir uns stark am internationalen Inquiry-based-Learning-Konzept orientieren. Die Verbindung zwischen prozeduralen Kompetenzen und dem Lehr-Lern-Ansatz des Inquiry-based Learnings besteht darin, dass sich beim Inquiry-based Learning Schülerinnen und Schüler selbstaktiv neues Wissen durch den Einsatz eigener Untersuchungen aufbauen. In Bezug auf eine gute Implementation von Inquiry-based Learning ist es wichtig zu betonen, dass unserer Meinung nach diese nicht stattfinden kann, wenn die Schülerinnen und Schüler nicht explizit die Methoden zur Erkenntnisgewinnung (Methoden für Inquiry-Aktivitäten) erlernen, üben und ausführen. Das Experimentieren nimmt unter allen Erkennt-

nisgewinnungsmethoden eine besondere Stellung im naturwissenschaftlichen Unterricht ein (Baur & Emden, 2020; Emden & Baur, 2017; Schwichow et al., 2016). Alle naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsmethoden in einem Buch zu thematisieren, erschien uns nicht zielführend, da dies den unterschiedlichen Methoden nicht ausreichend gerecht werden würde, daher wird das Experimentieren als eine im naturwissenschaftlichen Unterricht oft eingesetzte Methode der Erkenntnisgewinnung zusammen mit der Leistungsdifferenzierung für prozedurale Kompetenzen zum Experimentieren in diesem Buch fokussiert. Prozedurale (Teil-)Kompetenzen beim Erkenntnisgewinn mit Experimenten sind: Forschungsfragen formulieren, Hypothesen aufstellen, Experimente planen, Experimente durchführen und Schlussfolgerungen ziehen (Mayer et al., 2008; Schmidt, 2016).

Wir sind der Meinung, dass das Lernen von prozeduralen Kompetenzen sehr gut mithilfe einer Verkettung von Differenzierung und Scaffolding, abgestimmt auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler, unterstützt werden kann. Scaffolding ist ein dynamischer Prozess, bei dem Lernende mit dem Einsatz von Hilfen, Denkanstößen, Anregungen und Ähnlichem an einer Aufgabe arbeiten, die sie ohne diese nicht lösen könnten. Beim Scaffolding wird den Schülerinnen und Schülern entsprechend ihrer Fähigkeiten Schritt für Schritt Unterstützung angeboten, bis sie die zu bearbeitende Aufgabe selbstständig ohne weitere Hilfe bewältigen können (Pea, 2004). Scaffolding kann man als Hilfe sehen, damit Lernende den nächsten schwereren Schritt schaffen können. Zusätzlich zum Scaffolding ist Differenzierung notwendig. Bei der Differenzierung wird den Schülerinnen und Schülern eine passgenaue Lernumgebung angeboten (bei der Leistungsdifferenzierung: Auswahl des Niveaus, das der Lernende bewältigen kann). Diese Lernumgebung ermöglicht das Arbeiten unter Berücksichtigung der individuellen Fähigkeiten, stellt aber dennoch eine Herausforderung für die Schülerinnen und Schüler dar. Aus diesem Grund sollten Experimentieraufgaben angeboten werden, die unterschiedliche Grade der Offenheit zulassen. Das Arbeiten der Schülerinnen und Schüler an experimentellen Aufgaben, die komplett geöffnet sind (offenes Experimentieren), ist ein Bildungsziel der naturwissenschaftlichen Fächer. Aber Schülerinnen und Schüler müssen zuerst lernen, offen zu experimentieren und benötigen eine differenzierte Lernumgebung für diesen Lernprozess. Zudem ist eine Differenzierung in der Formulierung der Aufgaben und in der Darstellung des Problems, das gelöst werden soll, hilfreich. Diagnose und Feedback sind zur Unterstützung des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler notwendig (Ingenkamp & Lissmann, 2008). Daher erfordert die Entwicklung eines Differenzierungskonzepts (zur Leistungsdifferenzierung) gründliche Kenntnisse über die Schwierigkeiten, Fehler und Fehlkonzepte der Schülerinnen und Schüler (Fehler sind hier als Lernchance und nicht als Defizit zu verstehen), über Möglichkeiten der Diagnose und des Feedbacks und natürlich Wissen über Differenzierung und Scaffolding in den Fächern selbst (in diesem Projekt sind

dies die Fächer Biologie, Chemie und Physik). Die Projektpartnerinnen und Projektpartner dieses Erasmus+-Projekts *Differentiation in Inquiry-based Learning: Focus Experimentation* (Akronym: DifferentiatInq) brachten die benötigte Expertise in Inquiry-based Learning, formativer Diagnostik, pädagogischer Diagnostik, Scaffolding, Differenzierung sowie zu Fehlern und Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren zusammen, um ein Differenzierungskonzept (Differenzierungstool) für die Unterrichtspraxis im Bereich Experimentieren zu entwickeln. Das Differenzierungskonzept wurde auf der Grundlage von Interviews mit Lehrpersonen der naturwissenschaftlichen Fächer, die zum Projektbeginn durchgeführt wurden, an die Bedürfnisse der Schulpraxis angepasst. Ein Review-Prozess durch eine externe Expertin und zwei externe Experten und ein Austausch mit den Lehrkräften der am Projekt teilnehmenden Schulen sichern die Qualität des Werks (Passung für Schulbedarfe und fachliche Richtigkeit). Die externe Gutachterin und die beiden externen Gutachter des Review-Prozesses waren: Prof. Dr. Manuela Welzel-Breuer (Pädagogische Hochschule Heidelberg, Physikdidaktik), Prof. Dr. Marcus Hammann (Universität Münster, Biologiedidaktik) und Prof. Dr. Markus Emden (Pädagogische Hochschule Zürich, Chemiedidaktik).

Die Auswertungsergebnisse der Interviews zeigten uns auf, dass eine detaillierte Darstellung und Erklärung des Inquiry-based Learnings und des Experimentierens für dieses Buch wichtig sind. Daher wurden das Kapitel 3 *Inquiry-based Learning* und das Kapitel 4 *Experimente und ihr Einsatz beim Inquiry-based Learning* im Buch aufgenommen. Beide Kapitel bieten Definitionen und weitere Erklärungen an. Da Differenzierung und Scaffolding essenzielle Bestandteile und Gegenstand dieses Buchs sind, führt Kapitel 2 *Differenzierung und Scaffolding* in beide Inhalte ein und bietet eine theoretische Betrachtung sowie praktische Gesichtspunkte von Differenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht an. Kapitel 5 *Kompetenzdiagnose beim Inquiry-based Learning* beschreibt die unterschiedlichen Ziele der Diagnose und Methoden zur Diagnose der Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern. In Kapitel 6 *Differenzierungstool für Inquiry-based Learning* werden Differenzierung und Scaffolding mit Inquiry-based Learning – hier speziell mit dem Experimentieren – zusammengeführt. Das Differenzierungstool setzt sich aus einem Prozess aus fünf Schritten von Entscheidungen zusammen (eine Entscheidung zum Wissensbereich und vier Differenzierungsentscheidungen). Diese Entscheidungen werden benötigt, um eine individuelle Lernumgebung und einen individuellen Lernprozess zu gestalten. Das Kapitel 7 *Unterrichtsbeispiele: Anwendung des Differenzierungstools* beinhaltet konkrete Beispiele mit Unterrichtsmaterial für die Umsetzung im Unterricht. In Kapitel 8 *Sicherheitsbestimmungen beim experimentellen Arbeiten* werden abschließend Hinweise zu den Sicherheitsaspekten beim Experimentieren gegeben.

Literatur

- Baur, A. & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Kobbala & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Emden, M. & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 1–19.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M. et al. (2015). *Science education for responsible citizenship: Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education*. EUR: 26893 EN. Publications Office of the European Union.
- Heymann, H. W. (2010). Binnendifferenzierung – eine Utopie? *Pädagogik*, 62(11), 6–11.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36, 2534–2553.
- Huber, L. (2014). Forschungsbasiertes, Forschungsorientiertes, Forschendes Lernen: Alles dasselbe? Ein Plädoyer für eine Verständigung über Begriffe und Unterscheidungen im Feld forschungsnahen Lehrens und Lernens. *HSW*, (1+2), 22–29.
- Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik* (6. Auflage). Beltz.
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Forschungen zur Fachdidaktik: Vol. 10. Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Band 3. Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBiO, Essen 2007* (S. 63–79). StudienVerlag.
- Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 423–451.
- Schmidt, D. (2016). *Modellierung experimenteller Kompetenzen sowie ihre Diagnostik und Förderung im Biologieunterricht*. Logos.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63.
- Tomlinson, C. A. & Moon, T. R. (2013). *Assessment and student success in a differentiated classroom*. ASCD.

2 Differenzierung und Scaffolding

Iris Schiffl, Natalie Baumgartner-Hirscher

Differenzierung – die Anpassung des Unterrichts an individuelle Unterschiede – ist entscheidend für Schulergebnisse (Westwood, 2001). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, auf die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler zu reagieren. Im Rahmen der äußeren Differenzierung werden Kinder und Jugendliche mit ähnlichen Leistungen, Interessen oder Kompetenzen durch die Schulorganisation getrennt. In Deutschland und Österreich geschieht dies in der Regel nach der Grundschule, in Finnland und Zypern später (mehr dazu später in Beispiel 2.2). Auf der Unterrichtsebene sprechen wir bei der Anwendung von Differenzierung von Binnendifferenzierung. Binnendifferenzierung geht auf die Unterschiede der Schülerinnen und Schüler ein und versucht geeignete Ansätze zu finden, um das Lernen optimal zu unterstützen. Wie später in diesem Kapitel erläutert wird, kann Differenzierung in homogenen Gruppen, heterogenen Gruppen und in der Einzelarbeit umgesetzt werden. Im Folgenden werden wir auf die Möglichkeiten der Binnendifferenzierung im Unterricht näher eingehen und sie mit dem Begriff Differenzierung bezeichnen.

Obwohl Differenzierung wichtig für das Lernen ist, wird sie im Unterricht nicht so oft praktiziert, wie es sein sollte (Tomlinson, 2014). Interviews, die wir mit 30 Lehrkräften geführt haben, zeigten einige Gründe hierfür auf: Einige der von uns befragten Lehrkräfte empfanden ihre Klassen als nicht heterogen genug. Das Konzept der Differenzierung und wie man es im Unterricht einsetzt, war nicht klar genug oder die Lehrkräfte hatten nicht genug Informationen darüber, wie sie damit umgehen sollten. Differenzierung wurde als relativ komplex und zeitaufwendig eingeschätzt. Die Umstände in der Schule wurden als nicht förderlich für differenziertes Lehren und Lernen angesehen. Andererseits schätzten die Lehrkräfte die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler in der Klasse, da die Lernzugänge vielfältiger werden und die Schülerinnen und Schüler voneinander lernen können. Auch die soziale Kompetenz kann auf diese Weise gefördert werden. (Interviews zur Erstellung dieses Buches mit Lehrkräften aus Zypern, Österreich, Finnland und Deutschland; 2019 durchgeführt; $n = 30$)

Es gibt viele gute Gründe, warum Differenzierung in der Schule nicht praktiziert wird. Aber es gibt auch viele Gründe, warum sie absolut notwendig und alle Anstrengungen wert ist. Differenzierung bedeutet unseres Erachtens nicht zwangsläufig mehr Arbeit. Dieses Kapitel liefert zunächst Argumente für einen differenzierenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Später werden Möglichkeiten des Umgangs mit Differenzierung im Unterricht vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird auf das Thema Scaffolding gelegt – eine effektive Möglichkeit

für Lehrkräfte, auf die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler zu reagieren und sie auf die nächste Entwicklungsstufe zu führen (Schnotz, 2006). Beim Scaffolding wird den Schülerinnen und Schülern Unterstützung in Form eines „Hilfsgerüsts“ angeboten, damit sie die zu bearbeitende Aufgabe selbstständig bewältigen können. Scaffolding kann man als eine Hilfe sehen, damit man den nächsten schwereren Schritt schaffen kann. Über Differenzierung wird den Lernenden eine passgenaue Lernumgebung angeboten. Differenzierung und Scaffolding überlappen sich und können nicht immer voneinander abgegrenzt werden.

2.1 Heterogenität in Klassen

Beispiel 2.1

Lucy, 13 Jahre alt, ist eine aufmerksame Schülerin. Sie hat ein großes Vorwissen, aber sie hat Probleme, ihre Arbeit zu organisieren. Tom, 12 Jahre, interessiert sich sehr für Naturwissenschaften und Mathematik. Er hat Probleme mit dem Leseverständnis und dem Schreiben. Ali, 13 Jahre, ist neu in der Klasse. Das Hauptaugenmerk seines früheren Naturwissenschaftslehrers lag auf der Reproduktion von Wissen. Die Klasse hat nicht in kooperativen oder offenen Settings gearbeitet.

Frau Schmid ist in ihrem dritten Jahr als Naturwissenschaftslehrerin in der Sekundarstufe. Die Klasse besteht aus 26 Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichem sozialem und kulturellem Hintergrund. Neben diesen Unterschieden gibt es eine große Vielfalt in der Art und Weise, wie die Schülerinnen und Schüler ihre Arbeit erledigen. Lernwege, Voraussetzungen und Vorwissen sind nur einige davon. Frau Schmid plant eine forschungsbasierte Lerneinheit mit dem Schwerpunkt einzellige Organismen. Was muss sie beachten? Besteht die Notwendigkeit, dass jeder und jede Lernende das gleiche Ziel erreicht? Wenn ja, wie kann sie als Lehrkraft die Lernprozesse unterstützen?

Das Beispiel 2.1 zeigt, dass Klassen keine homogenen Gruppen sind. Schülerinnen und Schüler sind Individuen, die sich in verschiedenen Heterogenitätsdimensionen unterscheiden – einige der Heterogenitätsdimensionen sind eng mit dem Lernen im Fach verbunden, wie das Vorwissen oder das Interesse am Fach. Andere wirken sich auf das Lernen in allen Fächern aus, wie Lesekompetenzen, digitale Kompetenzen oder grundlegende mathematische Kompetenzen sowie metakognitive Fähigkeiten oder Fähigkeiten zur Selbstorganisation. Obwohl Schülerinnen und Schüler Individuen sind, die sich in vielerlei Hinsicht unterscheiden, kann es einige Aspekte geben, die sie gemeinsam haben. Zum Beispiel können Schülerinnen und Schüler in einer naturwissenschaftlichen Klasse durch ihr Interesse an wissenschaftlichen Themen und Methoden verbunden sein.

Die Begriffe Heterogenität und Homogenität gehen Hand in Hand. Das Spannungsverhältnis zwischen den Begriffen „Heterogenität“ und „Homogenität“ wird in der Pädagogik oft diskutiert und ist ein reales Problem von Lehrkräften im Unterricht (Buholzer & Kummer Wyss, 2010). Der Begriff der Heterogenität – oder auch synonym verwendet Diversität, Pluralität oder Vielfalt – stellt sich als vielschichtig und komplex dar. Es besteht keine wirkliche Einigkeit über eine Definition (Zulliger & Tanner, 2013). Generell kann festgehalten werden, dass der Begriff die Vielfalt von Schülerinnen und Schülern in einem oder mehreren Merkmalen bezeichnet (Martschinke, 2015; Scholz, 2012).

Es besteht eine klare Übereinstimmung, dass Lehrpersonen im Klassenzimmer mit Homogenität und Heterogenität, Gleichheit und Vielfalt konfrontiert sind. Vor der heutigen Diskussion erkannte schon Herbart (1776–1841) die Notwendigkeit, den Lernfortschritt jeder Schülerin und jedes Schülers in den Mittelpunkt zu stellen. Lernende unterscheiden sich in ihren Persönlichkeiten, Voraussetzungen, Fähigkeiten, Talenten und damit auch in ihren Bedürfnissen. Heutzutage können Lehrkräfte aufgrund gesellschaftlicher und politischer Anforderungen wie der Umstrukturierung von Schulsystemen (Gesamt- und Gemeinschaftsschulen) und dem Wunsch nach inklusiver Bildung oder Sprach- und Kulturpluralitäten aufgrund von Migration sogar mehr Heterogenität in ihren Klassen wahrnehmen (Dixon et al., 2014). Diesen Unterschieden Aufmerksamkeit zu schenken, ermöglicht es allen Schülerinnen und Schülern, Erfolge zu erleben und dennoch ihre Unterschiedlichkeit zu wahren. Eine Orientierung des Unterrichts am Durchschnittslernenden durch die Verwendung eines Unterrichtsansatzes für alle Schülerinnen und Schüler hingegen lässt die Möglichkeiten, Interessen und Lernbedürfnisse der Lernenden außer Acht (Subban, 2006).

Aufgabe 2.1

Stellen Sie sich eine Klasse oder eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern vor, die Sie unterrichten.

Welche Aspekte haben die Schülerinnen und Schüler in dieser Klasse gemeinsam? In welchen Aspekten unterscheiden sich die Schülerinnen und Schüler Ihrer Meinung nach?

Wie fühlen Sie sich beim Unterrichten dieser speziellen Klasse, mit all den Merkmalen, die die Schülerinnen und Schüler gemeinsam haben oder in denen sie sich unterscheiden?

Beeinflussen die Unterschiede Ihren Unterricht? Wenn das der Fall ist, behindern oder erleichtern sie Ihren Unterricht?

Wie nutzen Sie die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Schülerinnen und Schüler in Ihrem Unterricht?

Sind Sie gut darauf vorbereitet, diese spezielle Gruppe von Schülerinnen und Schülern mit all ihren Bedürfnissen zu unterrichten?

Die Anpassung des Unterrichts an die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler hat einen positiven Einfluss auf ihre schulischen Leistungen (Baumgartner et al., 2003; Firmender et al., 2013; Valiandes, 2015). Schülerinnen und Schüler lernen effektiver, wenn sie in angemessener Weise gefordert werden (Tomlinson, 2014; Subban, 2006). Außerdem steigert die Berücksichtigung von Heterogenität deren Motivation, indem sie ihnen das Gefühl von Autonomie und positives Kompetenzerleben ermöglicht (Deci & Ryan, 2008). Eine Anpassung des Unterrichts findet durch Differenzierung statt.

2.2 Differenzierung als Antwort auf Heterogenität

Obwohl die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler auch positiv als Bereicherung für das Lernen gesehen werden kann, wird sie oft damit assoziiert, dass sie den Lernfortschritt oder die Kompetenzerreichung hemmt und den Unterricht komplexer macht. Daher wurden verschiedene Anstrengungen unternommen, um die Komplexität, die durch heterogene Lerngruppen entsteht, für das Schulsystem zu reduzieren. Oft sind diese Bemühungen ein Thema der Bildungspolitik. Leistungsheterogenität wird durch Schulsysteme abgeschwächt, die Schülerinnen und Schüler nach ihrem Leistungsniveau trennen (z. B. Haupt- und Realschulen sowie Gymnasien im deutschsprachigen Raum). Heterogenität, die durch individuelle Interessen verursacht wird, kann durch das Angebot von Schwerpunktthemen für Klassen oder Schulen aufgelöst werden (zum Beispiel Naturwissenschaftsklassen, Sportklassen, Musikklassen). Solche Differenzierungsbemühungen werden als äußere Differenzierung bezeichnet, da sie versuchen, durch Heterogenität verursachte Probleme außerhalb des Unterrichts zu lösen, indem homogenere Gruppen gebildet werden und die Lernenden aufgrund ihrer Unterschiede unterschiedlichen Gruppen zugewiesen werden (Scholz, 2012).

Beispiel 2.2

Schulwege und selektive Schulsysteme

Generell kann zwischen Ländern, die Schülerinnen und Schüler erst am Ende der Sekundarstufe I unterschiedlichen Schulen und Ländern mit selektiven Schulsystemen, die frühe Trennungen vornehmen, unterschieden werden. Zypern und Finnland beispielsweise trennen die Schülerinnen und Schüler erst im Alter von 12 bzw. 16 Jahren. Deutschsprachige Länder, zum Beispiel Österreich und ein großer Teil Deutschlands, selektieren Schülerinnen und Schüler direkt nach der Grundschule im Alter von 10 Jahren aufgrund ihrer Leistungen. Dahinter steht die Überzeugung, dass homogene Klassen leichter zu unterrichten sind und ihre Leistungen besser sind als jene von heterogenen Gruppen, weil sowohl

stärkere als auch schwächere Schülerinnen und Schüler besser gefordert und gefördert werden können (Kiel et al., 2015).

Der nationale Bildungsbericht für Österreich zeigt, dass die Trennung nach der Grundschule zu einer höheren Leistungsähnlichkeit führt als in der Grundschule (Breit et al., 2019). Ähnlich ist die Situation in Deutschland. Allerdings zeigen Daten der PISA-Studie (2001, 2015) dennoch Überschneidungen in den Leistungen im differenzierten Schulsystem in Deutschland für Mathematik und Naturwissenschaften (Reiss et al., 2016). Es gibt einen Zusammenhang zwischen früher Selektion und Bildungsungerechtigkeit. Daten zeigen, dass Schülerinnen und Schüler, die nach der Grundschule ein höheres Bildungsniveau erreichen, häufig Kinder von Eltern mit höherer Bildung sind und auch höhere Schulabschlüsse erreichen (Bruneforth et al., 2016).

Diesbezüglich gibt es keinen Konsens über den Zusammenhang zwischen Heterogenität und Leistung. Studien belegen, dass es keinen Effekt von Heterogenität auf das individuelle Lernen von Schülerinnen und Schülern gibt (u. a. Gröhlich et al., 2009). Passend dazu zeigen die Daten des österreichischen nationalen Bildungsberichts auch Komponenten der Heterogenität in Bezug auf die soziale, kulturelle und sprachliche Herkunft der Schülerinnen und Schüler. Tatsächlich steigt im Laufe der Jahre der Anteil der Schülerinnen und Schüler, die nach der Grundschule in selektiven Systemen eine höhere Ausbildung wählen (Bruneforth et al., 2016). Daher nimmt die Heterogenität in den Klassenzimmern auch in trennenden Schulsystemen zu.

Trotz aller Bemühungen, homogene Lerngruppen zu schaffen, reduziert die äußere Differenzierung nur bestimmte Aspekte der Heterogenität, während andere Aspekte bestehen bleiben. Der sinnvolle Umgang mit Unterschieden in Klassen liegt daher in der Verantwortung der Lehrkräfte. Lehrkräfte reagieren auf Heterogenität in unterschiedlicher Weise:

Sie reagieren passiv, indem sie die Unterschiede der Schülerinnen und Schüler ignorieren und den Unterricht an Durchschnittsschülerinnen bzw. Durchschnittschülern ausrichten. Der substitutive Weg verlangt von den Schülerinnen und Schülern selbst eine Adaption an den Unterricht. Unterschiedliche Lernvoraussetzungen müssen im Vorfeld des Unterrichts angepasst werden, z. B. durch Förderunterricht für Schülerinnen und mit Lernschwierigkeiten. Das Ziel ist es, alle Schülerinnen und Schüler in die Lage zu versetzen, dem Unterrichtsgeschehen selbständig zu können.

Die aktiven Reaktionsformen der Lehrkräfte bieten Unterstützung für die ganze Klasse oder für Gruppen von Schülerinnen und Schülern. Das bedeutet, dass die Lehrkraft den Unterricht an die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler anpasst und im Unterricht Hilfen bereitstellt, damit alle Schülerinnen und Schüler das Unterrichtsziel erreichen können. Meistens stellt die Lehrperson

Hilfen für verschiedene homogene Gruppen zur Verfügung, aber es ist auch möglich, heterogene Gruppen zu bilden, in denen sich die Schülerinnen und Schüler auch gegenseitig unterstützen können. Wird die Differenzierung auf diese Art umgesetzt, spricht man auch von konvergenter Differenzierung. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass Schülerinnen und Schüler mit ähnlichem Ausgangsniveau unterschiedliche Ziele verfolgen. In diesem Fall variieren sowohl das Ziel als auch die Wege, um es zu erreichen. Diese Art der Differenzierung wird auch als divergent bezeichnet (Deunk et al., 2018).

Proaktive Unterrichtsangebote gehen einen Schritt weiter und helfen einzelnen Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen Lernzielen (Martschinke, 2015; Weinert, 1997). In der Praxis führt dies zu einem höheren Maß an Unterstützung, die sich auf einzelne Schülerinnen und Schüler konzentriert, die Hilfe benötigen. Alle Bemühungen, mit Heterogenität im Unterricht aktiv oder proaktiv umzugehen, sind Teil der inneren Differenzierung.

Innere Differenzierung wird durch verschiedene Methoden im Unterricht umgesetzt. In jedem Fall ist es aber unabdingbar, Unterrichtsaktivitäten zu öffnen, um den Schülerinnen und Schülern differenzierte und adaptive Themen und Lernmaterialien zur Verfügung stellen zu können. In Selbstlernphasen können die Schülerinnen und Schüler in ihrem eigenen Tempo arbeiten und werden dabei von der Lehrkraft entsprechend unterstützt. Dafür braucht die Lehrkraft besondere Qualifikationen. Diese Kompetenzen werden oft unter dem Begriff der *adaptiven Lehrkompetenzen* zusammengefasst. Sie umfassen fachliche, methodische, psychologisch-pädagogische und didaktische Kompetenzen sowie Haltungen, Motive und Selbstwirksamkeitserwartungen (Schiffel et al., 2019).

Innere Differenzierung wird als Unterrichtsprinzip unterschiedlich ausgestaltet (Tomlinson, 2014). Sie ist eine Sammlung verschiedener Konzepte, welche die Unterschiede von Schülerinnen und Schülern im Unterricht würdigen. Gängige Konzepte der Differenzierung im Unterricht sind der adaptive Unterricht (Corno, 2008; Westwood, 2018) oder das breitere Konzept der differenzierten Instruktion [DI] (Pozas et al., 2020; Suprayogi et al., 2017).

Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden der Begriff Differenzierung für den Bereich der inneren Differenzierung verwendet.

Adaptiver Unterricht ist ein Prinzip, das sich auf die Anpassung des Unterrichts an die Bedürfnisse einzelner Schülerinnen und Schüler fokussiert (Corno, 2008) und ist somit dem im deutschen Sprachgebrauch häufiger verwendeten Begriff der Individualisierung gleichzusetzen (Helmke, 2013). Besteht eine Klasse beispielsweise aus 20 Schülerinnen und Schülern, wird für jede und jeden einzelnen eine passende Unterrichtsgestaltung zur Verfügung gestellt. Um dieses Prinzip umzusetzen, müssen Lehrkräfte innere Differenzierung im Unterricht anwenden. Um adaptiven Unterricht zu implementieren, benötigen Lehrkräfte adaptive

Unterrichtskompetenzen. Darunter versteht man die Fähigkeit von Lehrkräften, Planung und Unterricht an die individuellen Bedingungen und Möglichkeiten der Lernenden anzupassen (Beck et al., 2008). Diese Definition umfasst vier Bereiche von Kompetenzen, die Lehrpersonen mitbringen müssen (Weinert, 2000). Erstens benötigen Lehrkräfte fachliche und methodische Kompetenzen in Bezug auf den Unterrichtsgegenstand. Zweitens müssen Lehrkräfte über diagnostische Kompetenzen verfügen, welche die Fähigkeiten zur Diagnose von Wissensständen, möglichen Lernfortschritten und Lernproblemen beinhalten. Die dritte geforderte Kompetenz ist die didaktische Kompetenz, die u. a. die Fähigkeit umfasst, geeignete Methoden für den Lernprozess auszuwählen. Nicht zuletzt sind auch Classroom-Management-Fähigkeiten wichtig, welche die Kompetenz beinhalten, mit Problemen und Zeit umzugehen und eine lernfreundliche Umgebung zu gestalten. Diese Kompetenzfelder sind Voraussetzungen für die Planung und Gestaltung adaptiver Bildungsprozesse.

Differenzierter Unterricht [DI] wurde ursprünglich für die Bedürfnisse leistungsstarker Schülerinnen und Schüler entwickelt, wird aber mittlerweile als Methode eingesetzt, um auf individuelle Lernbedürfnisse einzugehen und den Lernerfolg für alle Schülerinnen und Schüler zu maximieren (Gheysens et al., 2020). Ziel ist es, durch differenzierten Unterricht ein maximales Lernen für alle Schülerinnen und Schüler zu ermöglichen (Tomlinson, 2001). Differenzierter Unterricht fokussiert sich im Vergleich zu adaptivem Unterricht stärker auf die Anpassung der Unterrichtsangebote auf bestimmte Gruppen von Lernenden (Helmke, 2013). Im Gegensatz zum adaptiven Unterricht, wo jede Schülerin und jeder Schüler ein individuell abgestimmtes Lernprogramm erhält, werden im differenzierten Unterricht homogene oder gezielt heterogene Gruppe gebildet, die dann jeweils eine angemessene Unterstützung erfahren. Differenzierter Unterricht im Klassenzimmer wird durch Differenzierung in Bezug auf Inhalte, Prozesse (Aufgaben, Lernaktivitäten) oder Produkte durchgeführt (Tomlinson, 2017). Hilfestellungen bieten soziale Interaktionen mit Peers oder Scaffolds der Lehrperson – im Voraus vorbereitet oder spontan während des Unterrichts eingesetzt (Kress & Pappas, 2016; Müller, 2012, 2018; Tomlinson, 2017).

2.3 Methoden innerer Differenzierung

Gehen wir zurück zu den Interviews, die wir mit 30 Lehrkräften der Biologie, Chemie und Physik durchgeführt haben. Eine Frage, die wir den Lehrkräften stellten, betraf die Art und Weise, wie sie Differenzierung in ihrem naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzen. Die meisten Lehrkräfte berichteten, dass sie die Interessen der Schülerinnen und Schüler und das Leistungsniveau berücksichtigen.

Lehrperson A: „Ich schaue mir die Leistungsniveaus und Interessen der Schülerinnen und Schüler individuell an.“

Lehrperson B: „Ich differenziere nach der Leistung der Schülerinnen und Schüler und nach deren Interessen.“

Bei leistungsstarken Schülerinnen und Schülern wurde die Differenzierung meist durch Zusatzarbeit oder durch die Vorlage von schwierigeren Aufgaben gesteuert.

Lehrperson C: „Alle Schülerinnen und Schüler bearbeiten zuerst die Basisaufgaben. Schülerinnen und Schüler, die schnell fertig sind, bekommen neue, schwierigere Aufgaben.“

Für Schülerinnen und Schüler, die Unterstützung brauchten, wurde diese an Ort und Stelle durch zusätzliche Erklärungen und Hilfe der Lehrperson oder durch die Vorbereitung von unterstützendem Material wie Hinweiskarten bereitgestellt.

Lehrperson D: „Ich habe verschiedene Handouts für die gleichen Experimente mit weniger Informationen für diejenigen, die keine Probleme haben, und mehr für diejenigen, die welche haben.“

Einige Lehrpersonen nutzten spezielle Gruppenstrukturen oder Peer-Systeme zur Hilfestellung. Was das Interesse betrifft, so boten die meisten Lehrpersonen verschiedene Themen zur Abstimmung an.

Lehrperson B: „Zur Differenzierung nach Interesse: verschiedene Punkte eines Themas anbieten und die Schülerinnen und Schüler können ihren bevorzugten Punkt wählen.“

Die Stichprobe der Interviews war recht klein und nicht repräsentativ, aber sie umreißt gängige Methoden zur Differenzierung, die im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden. Um dieses Bild zu vervollständigen, ergänzen wir dieses literaturgestützt. Differenzierung kann in Bezug auf Inhalte, Aufgaben und Lernaktivitäten, Ressourcen (z. B. Materialien) oder Lernergebnisse durchgeführt werden. Im Unterricht kann sie durch die Lehrkraft oder durch Peers unterstützt werden (Kress & Pappas, 2016; Müller, 2012, 2018). Tabelle 2.1 zeigt verschiedene Methoden, die zur Differenzierung eingesetzt werden können.

Viele Methoden zur Differenzierung müssen im Voraus geplant werden. In diesem Fall können Lehrkräfte ihren Unterricht mit speziellen Sequenzen zur inneren Differenzierung, speziellen Materialien (differenzierte Texte oder Arbeitsblätter, Hilfskarten, Zusatzmaterial), Aufgabenstellungen oder Settings (Gruppensettings, Arbeitsstationen, individuelle Lernphasen etc.) vorbereiten. Differenzierung im Klassenkontext bedeutet nicht, dass für jede Schülerin und jeden Schüler Aufgaben und Arbeitspakete individuell gestaltet werden müssen.

Tabelle 2.1: Methoden der Differenzierung (Kerry & Kerry, 1997)

<p><i>Differenzierung des Kontextes</i></p>	<p>Differenzierung durch unterschiedlich schwierige Aufgaben.</p> <p>Differenzierung durch eine unterschiedliche Menge der zu bearbeitenden Aufgaben.</p>
<p><i>Differenzierung anhand von Aufgaben und Lernaktivitäten</i></p>	<p>Im Unterricht häufiger mit offenen Fragestellungen arbeiten.</p> <p>Aufgaben stellen, die kognitiv aktivieren und herausfordern.</p> <p>Aufgaben einsetzen, die mehr als eine richtige Lösung zulassen.</p> <p>Aufgaben stellen, die zum Nachdenken anregen.</p> <p>Schülerinnen und Schülern individuell unterschiedliche Aufgaben anbieten oder sie von ihnen aussuchen lassen.</p> <p>Schülerinnen und Schüler in leistungs- oder interessens-homogenere Kleingruppen unterteilen und mit entsprechenden Aufgaben versorgen.</p> <p>Annahmen der Schülerinnen und Schüler hinterfragen und sie so zum Nachdenken bringen.</p>
<p><i>Differenzierung anhand des Lern-ergebnisses</i></p>	<p>Individuelle Zielformulierungen für Schülerinnen und Schüler verwenden.</p> <p>Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit geben, ihre Arbeit in unterschiedlichen Formaten aufzuzeichnen (z. B. selber Inhalte zusammenfassen, Texte aus dem Internet zusammenstellen, Merksätze aus dem Buch übernehmen).</p> <p>Unterschiedliche Produkte zur Leistungsbeurteilung zulassen.</p> <p>Wenn ein Schüler oder eine Schülerin früher fertig ist, darf er oder sie an einem größeren Eigenprojekt weiterarbeiten.</p> <p>Verwendung von Bewertungsmethoden, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, ihre besten Arbeiten zu zeigen (z. B. Portfolios).</p>
<p><i>Differenzierung anhand von Ressourcen</i></p>	<p>Verwendung von Arbeitsblättern, die Auswahlaufgaben beinhalten.</p> <p>Bereitstellung von zusätzlichen Infopaketen.</p> <p>Verwendung von Hilfekarten.</p> <p>Verwendung verschiedener Sprachebenen für Texte.</p>

Dieses Vorgehen wäre sehr zeitaufwendig und würde die Ressourcen der Lehrkräfte definitiv überfordern. Der Schwerpunkt von geplanter Differenzierung im Unterricht liegt darin, unterschiedliche Angebote für Gruppen mit ähnlichem Hintergrund bereitzustellen oder Probleme zu antizipieren, die beim Verstehen von Themen auftreten können.

Differenzierung erfolgt jedoch nicht nur vorgeplant. Beispielsweise könnte eine Lehrkraft während des Unterrichts feststellen (z. B. durch Feedback oder während einer Beobachtung), dass einige Schülerinnen und Schüler Probleme haben, bestimmte Inhalte zu verstehen. Dann muss die Lehrkraft spontan auf die Situation reagieren, indem sie „Spontan“-Differenzierung einsetzt (Carolan & Guinn, 2007). Methoden zur „Spontan“-Differenzierung sind die Anpassung von Sprache und Erklärungen, häufigere Wiederholungen, die Bereitstellung zusätzlicher Informationen, die Verwendung von mehr oder anderen Beispielen oder „Thinking aloud“-Phasen, in denen die Lehrperson laut ausspricht, was sie denkt, während sie bestimmte Methoden durchführt oder bestimmte Entscheidungen trifft. Das Infragestellen der Annahmen der Schülerinnen und Schüler durch Rückfragen ist ebenfalls eine Differenzierungsmethode, um das Verständnis von Schülerinnen und Schülern zu entwickeln (Nieminen et al., 2020). Lehrkräfte, die erfolgreich „Spontan“-Differenzierung anwenden,

- können die Probleme der Schülerinnen und Schüler frühzeitig erkennen,
- zeigen die Bereitschaft, flexibel auf die neuen Anforderungen zu reagieren,
- verfügen über adäquate Kenntnisse, um Inhalte variabel zu erklären,
- verfügen über adäquate methodische Fähigkeiten, um unterstützende Lernangebote bereitzustellen.

Welcher Ansatz der Differenzierung – geplant oder spontan im Unterricht – gewählt wird, hängt von den Präferenzen der Lehrkraft (beeinflusst durch Überzeugungen über den Unterricht, Lehrerausbildung und Selbstwirksamkeitserwartungen) sowie von der Erfahrung ab (Suprayogi et al., 2017). Geplante Differenzierung benötigt mehr Zeit im Voraus, reduziert aber die Komplexität im Unterricht, da viele Entscheidungen im Voraus berücksichtigt werden können. „Spontan“-Differenzierung ist weniger zeitaufwendig, erfordert aber spezielle Kenntnisse und Fähigkeiten, die direkt in der Unterrichtssituation angewendet werden müssen.

Scaffolding ist ein Ansatz für Lehrkräfte, der dabei hilft, den Lernprozess von Schülerinnen und Schülern zu fördern. Der nächste Abschnitt gibt daher Informationen über Scaffolding und wie man es im Unterricht einsetzt. Wir sind uns der Bedeutung von Scaffolding für die Differenzierung und der Menge an bemerkenswerter Forschung, die zu diesem Thema vorliegt, bewusst. Da es nicht Hauptthema dieses Buches ist und in Kapitel 6 noch einmal aufgegriffen wird, werden wir hier nur einige wichtige Punkte dazu betrachten, die für Lehr-

kräfte der Naturwissenschaften bei der Gestaltung ihres Unterrichts hilfreich sein können.

2.4 Was ist Scaffolding?

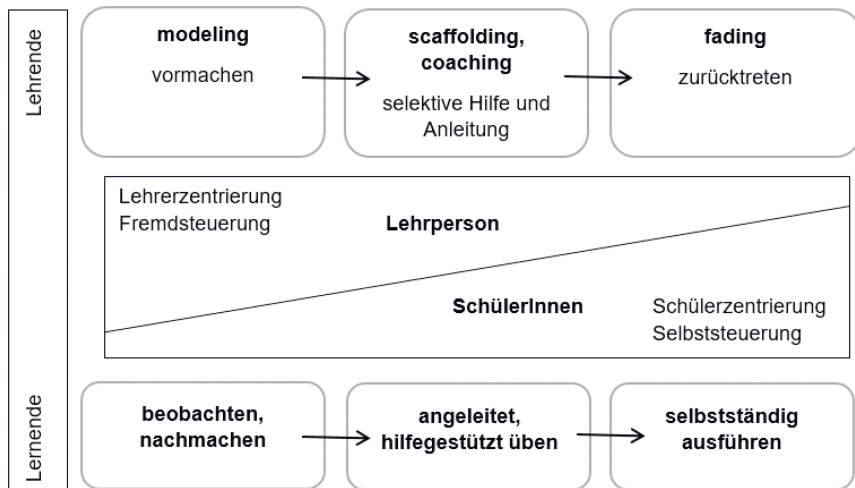
Der Begriff *Scaffolding* geht auf Wood, Bruner und Ross (1976) zurück. Übersetzen könnte man den Begriff mit dem Wort „Gerüstbauen“. Wood, Bruner und Ross verwendeten die Metapher, um zu zeigen, dass die Unterstützung wie ein Gerüst aufgebaut wird. Dieses Gerüst ermöglicht es Ziele zu erreichen, die ohne Unterstützung nicht realisierbar gewesen wären. Verfügen die Schülerinnen und Schüler über die Kompetenzen, die sie erwerben sollten, muss das Gerüst Schritt für Schritt abgebaut werden. Dieser Prozess wird als *Fading* bezeichnet. Der Begriff *Scaffolding* wird in der Pädagogik häufig im Rahmen von Assistenz- und Förderprogrammen verwendet – oft auch für digitale Unterstützungen (z. B. Belland, 2017), aber es gibt kein gemeinsames Verständnis oder eine Definition.

Das Konzept des Scaffolding knüpft an die Theorie von Vygotskij et al. (2015) an. Er beschreibt in seiner Arbeit „die Stufe der nächsten Entwicklung (zone of proximal development)“. Diese Zone liegt zwischen dem tatsächlichen Entwicklungsstand des oder der Lernenden und seiner bzw. ihrer möglichen nächsten Entwicklung. Sie umfasst den Bereich zwischen dem, was der oder die Lernende aus eigener Kraft tun kann, und dem, was er oder sie mit kompetenter Unterstützung erreichen kann.

Nach Schifffl et al. (2019) sind Scaffolds temporäre Hilfsmittel, die im Unterricht angeboten werden, um die Lernenden bei der Bewältigung von Aufgaben zu unterstützen, die sie alleine nicht erfolgreich bearbeiten könnten (Schifffl et al., 2019, S. 197). Wenn die Lernenden in zukünftigen Lernsituationen die Aufgaben oder das Problem selbstständig lösen können (Hammond & Gibbons, 2005), erreichen sie die nächstmögliche Entwicklungsstufe. Der Einsatz von Scaffolds hat die Funktion, die Komplexität zu reduzieren und sich auf wichtige Merkmale von Aufgaben zu konzentrieren (Wood et al., 1976). Scaffolds helfen also den Lernprozess zu strukturieren und zu vereinfachen.

Der Cognitive-Apprenticeship-Ansatz (Reusser, 1995) fasst die Einbettung von *Scaffolding* in den Unterricht und die Rollen von Lehrkräften sowie Schülerinnen und Schülern in diesem Prozess zusammen (siehe Abbildung 2.1). Zu Beginn des Lernprozesses spielt die Lehrkraft eine aktive Rolle, indem sie zeigt, wie man Dinge fachlich richtig umsetzt. In dieser Phase des Unterrichts erklärt die Lehrkraft den Inhalt und gibt Beispiele für eine erfolgreiche Umsetzung. Beim Experimentieren ist es oft hilfreich, wenn bestimmte Methoden von der Lehrkraft vorgemacht werden. Auch Techniken des lauten Denkens können das Verständnis von naturwissenschaftlichem Experimentieren fördern, z. B. wenn die Lehrperson verbalisiert, worauf sie bei der Planung eines Experiments achtet.

Abb. 2.1: Cognitive Apprenticeship (Reusser, 1995, S. 1, ins Deutsche übersetzt)



An diese erste Phase, in der die Lehrkraft als Modell dient und die deshalb mit dem englischen Begriff des *Modeling* bezeichnet wird, schließt sich die *Scaffolding-Phase* an, in der die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützt, selbst aktiv zu werden. In dieser Phase üben die Schülerinnen und Schüler mit der Unterstützung der Lehrkraft. Wenn die Lehrkraft feststellt, dass die gewünschte Kompetenz erreicht wurde, beginnt sie das Gerüst an Hilfestellungen wieder abzubauen. Der Begriff *Fading* bezieht sich auf den Prozess des langsamen Abbaus der Unterstützung. Die Lehrperson wechselt die Rolle vom Coach zum Supervisor, beurteilt die Arbeit und gibt Feedback, während die Schülerinnen und Schüler selbstständig arbeiten, bis sie gar keine Hilfe mehr benötigen.

Scaffolding-Methoden können vielfältig sein (Beispiele siehe Kapitel 6, Tabelle 6.2). Zunächst kann es sinnvoll sein, das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler in den Fokus zu nehmen, da verschiedene Ideen oder unterschiedliche Vorstellungen der Lernenden in Lernprozessen eine Rolle spielen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Vorstellungen der Lernenden zu sammeln, z. B. Concept-Cartoons, Mindmaps oder Kärtchenabfragen. Hilfreich für das Inquiry-based Learning ist es, wenn Schülerinnen und Schüler ihre Hypothesen formulieren und begründen. Diese Hypothesen spiegeln in der Regel die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler über das Thema wider. Nachdem die Ideen und Konzepte der Schülerinnen und Schüler gesammelt worden sind, ist es die Aufgabe der Lehrkraft, Aufgaben zu entwickeln, um die Vorstellungen der Lernenden fachlich zu konzipieren. Diese Aufgaben werden von Scaffolds begleitet, die den Kompetenzerwerb unterstützen. Die Aktivierung des Vorwissens der Schülerinnen und Schüler kann aber auch selbst eine Methode des Scaffoldings darstellen.

Es gibt zwei verschiedene Kategorien von Scaffolds. Saye und Brush (2002) unterscheiden zwischen harten (hard) und weichen (soft) Scaffolds.

Beispiel 2.3

Hilfe-Karten können als für unterschiedliche Zwecke verwendet werden. Erinnerungskarten aktivieren zum Beispiel Vorwissen, damit die Schülerinnen und Schüler dieses Wissen für neue Aufgaben nutzen können. Es können auch Methodenkarten verwendet werden, um eine Methode zu erklären, oder Info-Karten, um weitere Informationen zu einem Thema zur Verfügung zu stellen.



Wir haben bereits das Gebiss des Hundes kennengelernt. Aus welchen unterschiedlichen Zahnarten besteht das Hunde-Gebiss? Im Gebiss von Insektenfressern findest du viele der Zahnarten wieder.

Weiche (soft) Scaffolds sind situationsspezifische Unterstützungsangebote, die von der Lehrkraft oder Gleichaltrigen „on-the-fly“ gegeben werden können (Tabrizi et al., 2019). Harte Scaffolds (Hard-scaffolds) sind statisch, wie z. B. Hilfekarten (siehe Beispiel 2.3), gestufte Hilfen (siehe Tabelle 6.2), Concept Cartoons (siehe Tabelle 6.2), während weiche Scaffolds (Soft-scaffolds) dynamisch und prozessorientiert sind. Der große Unterschied zwischen diesen beiden Arten von Hilfsmitteln liegt in der Vorbereitung. Hard-Scaffolds müssen von der Lehrkraft vor der Stunde vorbereitet werden. Die Lehrkraft muss entscheiden, welche Teile der Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler schwierig sein könnten, und dafür Hilfen vorbereiten. Soft-Scaffolds bedeuten situationsspezifische Unterstützung, die von der Lehrkraft oder von Peers spontan angeboten werden kann (Tabrizi et al., 2019). Beispiele für Soft-Scaffolds könnten Tafelkinos oder Peer-Expertinnen und Peer-Experten sein. Tafelkinos bieten Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, nach vorne an die Tafel zu kommen, um weiteren Input oder eine Erklärung der Arbeitsaufgabe zu erhalten. Die Lehrkraft bleibt an der Tafel und schafft hier die Möglichkeit, dass Schülerinnen und Schüler freiwillig und nur bei Bedarf nach vorne kommen. Dort kann die Lehrkraft das bereits Erklärte nochmals erläutern oder in diesem Zusammenhang auf mögliche individuelle Lernschwierigkeiten eingehen. Es heißt Kino, weil das Setting wie ein echtes Kino aufgebaut werden kann. Die Lehrperson führt an der Tafel die Information noch einmal vor, während die Schülerinnen und Schüler auf Sesseln vor der Tafel Platz nehmen. Es besteht auch die Möglichkeit, diese Methode zu modifizieren und anstelle einer klassischen Tafel gemeinsam digitale Präsentationen durchzugehen. Peer-Expertinnen und Peer-Experten können hier ebenfalls die Rolle der unterstützenden Person übernehmen. Die kompetenten Peers können

z. B. an dafür vorbereiteten Stationen Hilfestellungen geben. So können Schülerinnen und Schüler, die Hilfe benötigen, an die Station gehen und nachfragen. Eine praktische Methode ist hier der Einsatz von Expertenkarten, die Schülerinnen und Schüler nach Beendigung ihrer Arbeit auf ihren Platz legen können, um anzuzeigen, dass sie Hilfe anbieten.

Lehrkräfte können zwischen diesen weichen und harten Scaffolds variieren, abhängig von der Umgebung und den Aufgaben. Die Lehrkraft muss etwaige Probleme diagnostizieren, die Unterstützung anpassen und entscheiden, wann und wie der „Abbau“ des Gerüsts erfolgt.

Auch der Einsatz digitaler medialer Unterstützung, wie z. B. Simulationen (Lehtinen & Viiri, 2017), Quizze oder selbstüberprüfende Arbeitsblätter, stellen sinnvolle Methoden des Scaffoldings dar. Videos, Modelle und andere Visualisierungen können auch unter Verwendung von digitalen Endgeräten wie Tablets, Smartphones oder Notebooks eingesetzt werden. Die Lehrkraft muss die Webseiten oder Programme vorbereiten, die von den Schülerinnen und Schülern genutzt werden können. Es ist wichtig, die digitalen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Vorfeld zu erfassen, um nicht weitere Lernschwierigkeiten durch den Einsatz von digitaler Technik zu erzeugen. Die Nutzung digitaler Endgeräte zur Informationsrecherche oder der Einsatz von digitalen Modellen (z. B. Simulationen) kann auch spontan erfolgen. Modelle können außerdem bei Tafelkinos und an Unterstützungsstationen eingesetzt werden, wenn die Rahmenbedingungen dies zulassen, z. B. in Tablet gestützten Schulklassen oder in entsprechend ausgestatteten Klassenräumen.

Es gibt viele Vorteile des Scaffoldings. Durch die Aktivierung der Schülerinnen und Schüler können die Ziele höher gesetzt werden und die Aussicht, dass die Schülerinnen und Schüler diese Ziele tatsächlich erreichen können, steigt. Somit kann dies auch die Motivation erhöhen, was wiederum einen positiven Einfluss auf die Qualität des Lernprozesses haben kann (Deci & Ryan, 1993, 2008).

Zusammenfassung

Schülerinnen und Schüler unterscheiden sich in vielen Merkmalen. Für guten Unterricht ist es unerlässlich, auf diese Unterschiede einzugehen. Diese Vorgangsweise lässt sich unter dem Begriff der Differenzierung zusammenfassen. In unserem Buch konzentrieren wir uns auf die Unterrichtsebene, also auf die innere Differenzierung: wie Lehrkräfte ihren Unterricht anpassen können, um das Lernen der Schülerinnen und Schüler bestmöglich zu unterstützen. Es gibt verschiedene Ansätze der Differenzierung, die sich in der Planung und Umsetzung unterscheiden (z. B. geplante Differenzierung versus spontane Differenzierung).

Eine Möglichkeit, das Lernen von Schülerinnen und Schülern zu unterstützen, ist das Scaffolding. Scaffolds sind temporäre Hilfsmittel, die im Unterricht angeboten werden, um die Lernenden zu unterstützen, Aufgaben zu bewältigen, die sie al-

leine nicht bearbeiten könnten (Schiffel et al., 2019). Ziel ist es, dass die Schülerinnen und Schüler durch gezieltes Scaffolding und anschließenden Abbau der Scaffolds ihre Aufgaben schließlich selbst bewältigen können. Es gibt verschiedene Arten von Scaffolds. Auch digitale Medien können Unterstützung beim Scaffolding bieten.

Literatur

- Baumgartner, T., Lipowski, M. & Rush, C. (2003). *Increasing reading achievement of primary and middle school students through differentiated instruction*. Masterthesis, Saint Xavier University & SkyLight. Zugriff unter: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED479203.pdf>
- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M. & Vogt, F. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz: Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 63). Waxmann.
- Belland, B.R. (2017). *Instructional scaffolding in STEM education: Strategies and efficacy evidence*. Springer Nature.
- Buholzer, A. & Kummer Wyss, A. (2010). *Alle gleich – alle unterschiedlich: Zum Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. Kallmeyer.
- Breit, S., Eder, F., Krainer, K., Schreiner, C., Seel, A. & Spiel, C. (2019). *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2018: Fokussierte Analysen und Zukunftsperspektiven für das Bildungswesen*. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung.
- Bruneforth, M., Lassnigg, L., Vogtenhuber, S., Schreiner, C. & Breit, S. (Hrsg.). (2016). *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2015, Band 1: Das Schulsystem im Spiegel von Daten und Indikatoren*. Bundesinstitut BIFIE.
- Carolan, J. & Guinn, A. (2007). Differentiation: lessons. *Educational leadership*, 64(5), 44–47.
- Corno, L.Y.N. (2008). On teaching adaptively. *Educational Psychologist*, 43(3), 161–173.
- Coubergs, C., Struyven, K., Vanthournout, G. & Engels, N. (2017). Measuring teachers' perceptions about differentiated instruction: The DI-Quest instrument and model. *Studies in Educational Evaluation* 53, 41–54.
- Dixon, F.A., Yssel, N., McConnell, J.M. & Hardin, T. (2014). Differentiated instruction, professional development, and teacher efficacy. *Journal for the Education of the Gifted*, 37(2), 111–27.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2008). Self-Determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology*, 49, 182–185.
- Firmender, J., Reis, S. & Sweeny, S. (2013). Reading comprehension and fluency levels ranges across diverse classrooms: The need for differentiated reading instruction and content. *Gifted Child Quarterly* 57(1), 3–14.
- Gheysens, E., Coubergs, C., Grifol-Freixenet, J., Engels, N. & Struyven, K. (2020). Differentiated instruction: The diversity of teachers' philosophy and praxis to adapt teaching to students' interests, readiness and learning profiles. *International Journal of Inclusive Education*, 1–18.
- Gröblich, C., Scharenberg, K. & Bos, W. (2009). Wirkt sich Leistungsheterogenität in Schulklassen auf den individuellen Lernerfolg in der Sekundarstufe aus? *Journal for educational research online*, 1, 86–105.
- Hammond, J. & Gibbons, P. (2005). What is scaffolding? *Teachers' voices*, 8, 8–16.

- Helmke, A. (2013). Individualisierung: Hintergrund, Perspektiven, Missverständnisse. *Pädagogik*, 13(2), 34–37.
- Kerry, T. & Kerry, C. A. (1997). Differentiation: Teachers' views of the usefulness of recommended strategies in helping the more able pupils in primary and secondary classrooms. *Educational Studies*, 23(3), 439–457.
- Kiel, E., Haag, L., Keller-Schneider, M., Zierer, K. & Streber, D. (2015). Grundwissen Lehrerbildung: Umgang mit Heterogenität. *Praxisorientierung, Fallbeispiele, Reflexionsaufgaben*. Cornelsen.
- Kress, K. & Pappas, M. (2016). *Binnendifferenzierung in der Sekundarstufe – das Praxisbuch: Profi-Tipps und Materialien aus der Lehrerfortbildung*. Auer.
- Lehtinen, A. & Viiri, J. (2017). Guidance provided by teacher and simulation for inquiry-based learning: A case study. *Journal of science education and technology*, 26(2), 193–206.
- Martschinke, S. (2015). Facetten adaptiven Unterrichts aus der Sicht der Unterrichtsforschung. In K. Liebers, B. Landwehr, A. Marquardt & K. Schlotter (Hrsg.), *Jahrbuch Grundschulforschung: Lernprozessbegleitung und adaptives Lernen in der Grundschule* (S. 15–32). Springer.
- Müller, F. (2012). *Differenzierung in heterogenen Lerngruppen: Praxisband für die Sekundarstufe I*. Debus Pädagogik.
- Müller, F. (2018). *Praxisbuch Differenzierung und Heterogenität: Methoden und Materialien für den gemeinsamen Unterricht*. Beltz.
- Nieminen, P., Hähkiöniemi, M. & Viiri, J. (2020). Forms and functions of on-the-fly formative assessment conversations in physics inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 1–23.
- Pozas, M., Letzel, V. & Schneider, C. (2020). Teachers and differentiated instruction: Exploring differentiation practices to address student diversity. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 20(3), 217–230.
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Waxmann.
- Reusser, K. (1995). Lehr- und Lernkultur im Wandel: Zur Neuorientierung in der kognitiven Lernforschung. In R. Dubs & R. Dörig (Hrsg.), *Dialog Wissenschaft und Praxis. Berufsbildungstage St. Gallen* (S. 164–190). Institut für Wirtschaftspädagogik IWP.
- Saye, J. W. & Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational Technology Research and Development* 50(3), 77–96.
- Schiffli, I., Köberl, P. & Schadler, C. (2019). Differenzierung im Biologieunterricht. In I. Schiffli & H. Weiglhofer (Hrsg.), *Biologie kompetent unterrichten: Ein Praxisbuch für Studierende und Lehrkräfte* (S. 189–223). facultas.
- Schnotz, W. (2006). *Pädagogische Psychologie*. Beltz.
- Scholz, I. (2012). *Das heterogene Klassenzimmer: Differenziert unterrichten*. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Subban, P. (2006). Differentiated instruction: A research basis. *International education journal*, 7(7), 935–947.
- Suprayogi, M. N., Valcke, M. & Godwin, R. (2017). Teachers and their implementation of differentiated instruction in the classroom. *Teaching and Teacher Education*, 67, 291–301.
- Tabrizi, H. M., Behnam, B., Saeidi, M. & Lu, X. (2019). The effect of soft vs. hard scaffolding on reading comprehension skill of EFL learners in different experimental conditions. *Cogent Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2019.1631562>
- Tomlinson, C. A. (2001). *How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms*. Association for Supervision and Curriculum Development.

- Tomlinson, C. A. (2014). *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners*. ASCD.
- Tomlinson, C. A. (2017). *How to differentiate instruction in academically diverse classrooms*. ASCD.
- Valiandes, S. (2015). Evaluating the impact of differentiated instruction on literacy and reading in mixed ability classrooms: Quality and Equity Dimensions of Education effectiveness. *Studies in Educational Evaluation*, 45, 17–26.
- Vygotskij, L. S., Lompscher, J. & Rückriem, G. (2015). *Denken und Sprechen – Psychologische Untersuchungen*. Beltz.
- Weinert, F.E. (1997). Notwendige Methodenvielfalt. *Friedrich Jahresheft*, 15, 50–52.
- Weinert, F.E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, 2, 1–16.
- Westwood, P. (2001). Differentiation as a strategy for inclusive classroom practice: Some difficulties identified. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 6(1), 5–11.
- Westwood, P. (2018). *Inclusive and adaptive teaching: Meeting the challenge of diversity in the classroom*. Routledge.
- Wood, D., Bruner, J.S. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89–100.
- Zulliger, S. & Tanner, S. (2013). Der Begriff Heterogenität in empirischen Studien. *Swiss Journal of Educational Research*, 35(1), 37–52.

3 Inquiry-based Learning (Forschendes Lernen)

Armin Baur, Nikoletta Xenofontos, Marios Papaevripidou

3.1 Was ist Inquiry-based Learning?

Wenn Lehrkräfte gebeten werden, Inquiry-based Learning (Forschendes Lernen) zu beschreiben, offenbaren die gegebenen Beschreibungen, dass dieses weitverbreitete Lehr-Lern-Konzept in vielen unterschiedlichen Weisen wahrgenommen und aufgefasst wird (Capps et al., 2016). Im deutschsprachigen Raum wird Inquiry-based Learning oft mit Forschendem Lernen übersetzt. Leider sind die in der Literatur hinterlegten Definitionen zum Forschenden Lernen nicht immer deckungsgleich zum Inquiry-based-Learning-Ansatz (siehe auch Kapitel 1), daher verwenden wir im Buch den Begriff Inquiry-based Learning bzw. dessen Abkürzung IBL. Interviews mit Lehrkräften zeigten uns, dass manche ihrer Definitionen konsistent mit dem sind, was in der fachdidaktischen Community als gängige Definition gesehen wird. Manche anderen Definitionen der Lehrkräfte beinhalten ein Hybrid, zusammengesetzt aus sachkundigen und nicht-sachkundigen Konzepten zum Unterrichten von Naturwissenschaften über Inquiry-Aktivitäten (naturwissenschaftliche Methoden zum Erkenntnisgewinn). Wieder andere Konzepte der Lehrkräfte deuten auf Fehlvorstellungen hin bezüglich dem, was genau Inquiry-based Learning (Forschendes Lernen) ist und wie man es im Unterricht einsetzt (Interviews geführt zur Erstellung dieses Buches; 2019 durchgeführt; $n = 30$).

Bevor herausgearbeitet wird, was IBL im Detail ist, sollen zwei Beispiele (Beispiel A und B aus Beispielbox 3.1) einer naturwissenschaftlichen Unterrichtsstunde dabei behilflich sein, eine Definition des verwendeten Begriffs zu generieren. Es ist bekannt, dass ein Unterricht, der auf den gleichen Inhalt ausgerichtet ist, entsprechend dem eingesetzten Lehr-Lern-Ansatz oder den zugeordneten Rollen der Lernenden und der Lehrkraft sehr unterschiedlich gestaltet sein kann.

Beispiel 3.1

Beispiel A: Die Lehrkraft schreibt die Fragestellung an die Tafel, gibt den Schülerinnen und Schülern die Aufgabe, ausgewählte Seiten des Schulbuches zu lesen und die notwendigen Bedingungen für die Keimung herauszufinden. Die Schülerinnen und Schüler lesen im Buch und erarbeiten sich die Keimungsbedingungen. Am Ende der Stunde werden die Ergebnisse besprochen.

Abb. 3.1: Bild zum Beispiel A

Bild: emmaws4s, 2013, verfügbar auf Pixabay
(License for free commercial use)



Beispiel B: Die Lehrkraft zeigt den Schülerinnen und Schülern keimende Kresse-samen, die auf der Hand liegen. In einem Dialog werden Fragen von den Schülerinnen und Schülern (mithilfe der Lehrkraft) formuliert und einige von ihnen werden für diese und die folgenden Stunden ausgewählt. Die Schülerinnen und Schüler erstellen zunächst Hypothesen und planen eine Untersuchung, um die gewählte Frage in der Gruppenarbeit zu beantworten. Die Gruppen führen die geplante Untersuchung durch und besprechen ihre Ergebnisse mit der Klasse.

Abb. 3.2: Bild zum Beispiel B

Bild: Patricia Lacolla, 2013, verfügbar auf Pixabay
(License for free commercial use)



Wenn man diese beiden Beispiele liest, werden die Unterschiede sehr schnell deutlich. Im zweiten Beispiel (Beispiel B) setzen die Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden ein, die ähnlich zu den Erkenntnisgewinnungsmethoden sind, die von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern eingesetzt werden. Das zweite Beispiel ist anschlussfähig an den IBL-Ansatz.

Inquiry-based Learning (IBL) ist ein Lehr-Lern-Ansatz – durchgeführt in einer anregungsreichen Lernumwelt –, bei dem die Schülerinnen und Schüler durch eigene Untersuchungen (z. B. durch Beobachten, Betrachten, Experimentieren, Modellieren) für sie neues Wissen konstruieren (University of Manchester, 2010). Hierzu identifizieren die Lernenden für sie interessante Probleme und Fragestellungen (ebd.). Demgemäß wird den Interessen und der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler große Bedeutung zugeschrieben (van Uum et al., 2016). Die Schülerinnen und Schüler gewinnen durch die Untersuchung neues und für sie bedeutungsvolles Wissen sowie Kompetenzen zum Erkenntnisgewinn (ebd.). Im Untersuchungsprozess verwenden die Lernenden Daten zur Evidenzgewinnung (Capps et al., 2016). Zudem ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler über ihre Erkenntnisse sprechen und diese begründen (NRC, 2000; Pedaste et al., 2015). Um Daten zu gewinnen, müssen Schülerinnen und Schüler Untersuchungen selbst planen und durchführen (Capps et al., 2016). Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden können wie oben bereits erwähnt eine Beobachtung, eine Sektion/Präparation, ein Experiment oder ein anderes Vorgehen sein, das hilft, Daten zur Beantwortung von Fragen oder zur Formulierung eines Arguments zu sammeln. Nachfolgend sind die Schlüsselemente von IBL in der grauen Box aufgeführt.

Elemente, die charakteristisch für IBL sind:



- die Untersuchung beginnt mit einem Problem/einer Frage (von Schülerinnen und Schülern oder der Lehrkraft generiert);



- die Schülerinnen und Schüler planen die Untersuchung (falls erforderlich mithilfe der Lehrkraft);



- die Schülerinnen und Schüler führen Untersuchungen durch, um Daten zu erhalten;



- die Schülerinnen und Schüler finden durch die Untersuchung für sich neues bedeutungsvolles Wissen;



- die Schülerinnen und Schüler kommunizieren und begründen ihre Ergebnisse (gewonnenen Erkenntnisse).

3.2 Warum ist es sinnvoll, den Inquiry-based-Learning-Ansatz zum Lernen und Lehren von Naturwissenschaften einzusetzen?

Nachdem erläutert wurde, was IBL ist, ist es nun wichtig, herauszustellen, warum IBL für den naturwissenschaftlichen Unterricht als sehr geeignet angesehen wird.

Inquiry-based Learning als Antwort auf das veränderte Verständnis von Bildung und Lernen

Schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts betonte John Dewey (1859–1952), dass Untersuchungsmethoden (Inquiry-Aktivitäten) als Methoden des Erkenntnisgewinns zu wenig Bedeutung in der Schule hätten. Am Ende des 19. Jahrhunderts gab es großen Konsens darüber, dass die Methoden des passiven Lernens und Auswendiglernens zur „älteren Bildung“ gehörten, und es wurde anerkannt, dass „neue Bildung“ ein aktiver und kreativer Prozess ist (Oelkers, 2018). Der Fokus war nicht länger auf das Wissen und den Lehrplan ausgerichtet, sondern auf das Kind, das gebildet werden sollte (ebd.). Die Intention von Deweys Pädagogik war jedoch nicht die Pädagogik vom Kinde aus, sondern er wollte einen pragmatischen Lernprozess zur Unterstützung des alltäglichen Lebens anstoßen (Dewey fokussierte die Fähigkeit zur Demokratie). Handeln und Denken sind Aspekte dieses Lernprozesses (Schubert, 2019). Dewey sah für Schülerinnen und Schüler einen Gewinn darin, wissenschaftliche Methoden einsetzen zu können: „Since the mass of pupils are never going to become scientific specialists, it is much more important that they should get some insight into what scientific method means than that they should copy at long range and second hand the results which scientific men have reached“ (Dewey, reprint 2001, S. 228). Die Untersuchungsaktivitäten sollten an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler ausgerichtet sein und ihnen helfen, neues Wissen als aktive Lernende auf der Suche nach Antworten zu gewinnen (Barrow, 2006). IBL kann im Sinne von Deweys Ansatz gesehen werden und den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, Untersuchungsmethoden zum aktiven Denken und Lösen von Problemen und Fragen des alltäglichen Lebens einzusetzen.

Jérôme Seymour Bruner (1915–2016) prägte den Begriff *Entdeckendes Lernen* (*Learning by Discovery*). Entdeckendes Lernen ist ein Ansatz, der selbstaktives Lernen einschließt. Die Schülerinnen und Schüler finden Informationen im Lernprozess durch aktives Fragen und Beobachten. Dabei nutzen sie ihr bestehendes Wissen als Hilfe im Lernprozess (Schaub & Zenke, 2000). Beim entdeckenden Lernen hat die Lehrkraft eine beobachtende und unterstützende Funktion (Stangl, 2020). Aus der Sicht Bruners ist es nicht möglich, eine Person mit Lösungen für alle zukünftigen Probleme und Lebenssituationen auszustatten (Edelmann & Wittmann, 2019). Daher ist es wichtig, dass eine Person das allgemeine Problemlösen lernt (Edelmann & Wittmann, 2019; Stangl, 2020).

Das entdeckende Lernen steht im Zusammenhang zu konstruktivistischen Lerntheorien.

Aus der Sicht der konstruktivistischen Lerntheorien ist Lernen ein aktives, autonomes und handlungsorientiertes Entdecken des Lerngegenstandes. Dies ist wichtig, da nur eine Schülerin oder ein Schüler selbst ein Bild der Welt in sich aufbauen kann (Schnotz, 2011). Lernen ist ein Prozess der Konstruktion (Erfahren der Welt selbst), Rekonstruktion (Überprüfen des existierenden Wissens) und Dekonstruktion (Infragestellen: Ist es möglich, dass es anders ist?) (Reich, 2012). In einer ähnlichen Weise ist auch IBL als Lernweg zu sehen, in dem Schülerinnen und Schüler selbst konstruieren und vorhandenes Wissen reflektieren. IBL ist ein prominenter Typ des aktiven Lernens, weil hier den Schülerinnen und Schülern aktives Untersuchen ermöglicht wird, was essenziell ist, um sie für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu begeistern (Rocard et al., 2007). Aktives Lernen ist nachweislich förderlicher für die naturwissenschaftliche Bildung als traditionelles Lernen (Freeman et al., 2014).

Inquiry-based Learning ist gewinnbringend für das Lehren und Lernen

Durch das Einbinden von Schülerinnen und Schülern in IBL-Prozesse wird ihnen die Möglichkeit gegeben, Kompetenzen zu erwerben, die sowohl auf die Methoden des Erkenntnisgewinns als auch auf die naturwissenschaftlichen Inhalte bezogen sind (Crippen & Archambault, 2012; Edelson et al., 1999; Marx et al., 2004; Schneider et al., 2002). Positive Effekte von IBL konnten vor allem für schwächere Schülerinnen und Schüler gefunden werden (Marx et al., 2004). Ein weiterer wichtiger Gewinn von IBL liegt darin, dass es in Zusammenhang mit der Entwicklung und Bewahrung des Naturwissenschaftsinteresses von Schülerinnen und Schülern gebracht wird (Gibson & Chase, 2002; Osborne & Dillon, 2008). Tatsächlich empfinden Schülerinnen und Schüler, wenn sie in einem IBL-Kontext arbeiten, naturwissenschaftlichen Unterricht und naturwissenschaftliches Lernen als weniger langweilig (Alake-Tuenter et al., 2012). Die Wahrnehmung, dass Naturwissenschaften von Lernenden als langweilig empfunden werden, ist in der fachdidaktischen Forschung häufig beschrieben worden (ebd.).

Inquiry-based Learning ist stimmig mit heutigen Konzepten von naturwissenschaftlicher Grundbildung

International wird viel über die Ziele und Inhalte einer naturwissenschaftlichen Bildung diskutiert. Diese Diskussionen resultierten bereits in verschiedene Definitionen von Scientific Literacy (mehr dazu in Norris & Phillips, 2003). Viele der Scientific-Literacy-Konzepte beinhalten die Methoden und Prozesse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung – als Anspruch, Verständnis über die wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu schaffen (Bybee, 1997, 2002) oder um Metakognition auszubilden (Shamos, 2002). Dementsprechend sind Kompetenzen zu den naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden in den Bildungs-

Tabelle 3.1: Naturwissenschaftliche Bildungsstandards, die einen Zusammenhang zu IBL mit dem Fokus Experimentieren aufweisen. Exemplarisch an den Bildungsstandards der folgenden Länder dargestellt: Zypern, Österreich, Finnland und Deutschland – Fortsetzung nächste Seiten

Zypern	Österreich	Finnland	Deutschland
<p>Biologie, Klassenstufe 7–12 (Cyprus Ministry of Education [YMIAN], 2017a): Das Ziel des Biologieunterrichts kann in unterschiedliche Teilziele untergliedert werden, welche in allen Klassenstufen Anwendung finden. Innerhalb dieser Teilziele finden sich naturwissenschaftliche und experimentelle Kompetenzen wie das:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ... [ii] Formulieren von Fragen und Hypothesen, • [iii] Planen und Ausführen von Experimenten, • [iv] Erheben und Auswerten von Daten sowie Analysieren von Messungen, • [v] Präsentieren von Daten, • [vi] Bestätigen oder Verwerfen von Hypothesen, • [vii] Formulieren von Schlussfolgerungen, Treffen von Verallgemeinerungen und Voraussagen, • [viii] Suchen und Entwickeln von Alternativtheorien unter Einbezug von zusätzlichen Daten. 	<p>Naturwissenschaften (Biologie, Chemie und Physik), Untere Sekundarstufe (BIFIE, 2011): Schülerinnen und Schüler sind kompetent darin, ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • ... Beobachtungen und Messungen vorzunehmen [E1] • ... Fragen zu stellen und Hypothesen aufzustellen [E2] • ... Untersuchungen und Experimente zu planen, Untersuchungsprotokolle zu schreiben [E3] • ... Daten aus Untersuchungen und Experimenten zu analysieren und zu interpretieren [E4] 	<p>Biologie, Klassenstufe 7–9 (Finnish National Agency for Education, 2014): Das Lehren und Lernen von Biologie beinhaltet auch das Arbeiten in der Natur und leitet die Schülerinnen und Schüler an, sich mithilfe von IBL mit den Merkmalen der biologischen Informationsgewinnung auseinanderzusetzen. Ansätze von Feld- und Laborarbeit werden zur Erkundung der Natur genutzt. Das erfahrungsbasierte und experimentelle Lernen führt zu Freude am Lernen und Interesse seitens der Schülerinnen und Schüler ...</p> <p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • [O7] Schülerinnen und Schüler dabei anzuleiten, ihre Fähigkeit zum wissenschaftlichen Denken und ein Verständnis von kausalen Zusammenhängen zu entwickeln. • [O8] Schülerinnen und Schüler dabei anzuleiten, biologisches Untersuchungsmaterial sowie Informations- und Kommunikationstechnologien einzusetzen. • [O10] Schülerinnen und Schüler dabei anzuleiten, Untersuchungen in und außerhalb der Schule auszuführen 	<p>Biologie (KMK, 2005a): Am Ende der Sekundarstufe I (Mittlerer Schulabschluss) sind Schülerinnen und Schüler kompetent darin, ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • ... Untersuchungen mit geeigneten qualifizierenden oder quantifizierenden Verfahren durchzuführen [E5] • ... einfache Experimente zu planen, die Experimente durchzuführen und/oder sie auszuwerten [E6] • ... Schritte aus dem experimentellen Weg der Erkenntnisgewinnung zur Erklärung anzuwenden [E7] • ... Tragweite und Grenzen von Untersuchungsanlage, -schritten und -ergebnissen zu erörtern [E8] <p>Chemie (KMK, 2005b): Am Ende der Sekundarstufe I (Mittlerer Schulabschluss) sind Schülerinnen und Schüler kompetent darin, ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • ... Fragestellungen zu erkennen und zu entwickeln, die mithilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind [E1] • ... geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen zu planen [E2]

Zypern	Österreich	Finnland	Deutschland
<p>Chemie, Klassenstufe 7–12 (Cyprus Ministry of Education [ΥΠΠΑΝ], 2017d)</p> <p>Obwohl es genügend experimentelle Aktivitäten in der Chemie gibt, sind in den Bildungsplänen keine spezifischen Lernziele definiert, welche explizit die naturwissenschaftlichen Kompetenzen zum Experimentieren fördern. Es gibt lediglich einige wenige Lernziele für spezifische Teilgebiete, in denen die Förderung von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Untersuchen implementiert ist. <i>Zum Beispiel:</i></p> <p>Klassenstufe 12: 3.16. Mit Experimenten, untersuchen, wie die Temperatur und die Konzentration von Reaktanten die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion beeinflussen (ΥΠΠΑΝ, 2020).</p> <p>Physik, Klassenstufe 7–12 (Cyprus Ministry of Education [ΥΠΠΑΝ], 2017b)</p> <p>Eines der allgemeinen Ziele des Physikunterrichts in der Klassenstufe 7–9 ist es, Schülerinnen und Schüler in die grundlegenden Teilprozesse des Experimentierens einzuführen, dazu gehören: das Formulieren von Hypothesen, das Planen und Ausführen von Experimenten, die Datenanalyse, das Ziehen von Schlussfolgerungen und das Kommunizieren. In Klassenstufe 10–12 wird von den Schülerinnen und Schülern erwartet, dass sie:</p>	<p>Chemie, Klassenstufe 7–9 (Finnish National Agency for Education, 2014):</p> <p>Das Lehren und Lernen von Chemie basiert auf Beobachtung und Untersuchung von Substanzen und Phänomenen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Das Ausführen von Untersuchungen hat essenzielle Bedeutung für die Erweiterung von Konzepten, zum Lernen von Untersuchungskompetenzen und zur Wahrnehmung der Qualität von naturwissenschaftlicher Forschung.</p> <p><i>Lernziele:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> [05] Schülerinnen und Schüler zu ermutigen, Fragen über das thematisierte Phänomen zu stellen und diese Fragen als Basis für Untersuchungen und andere Aktivitäten weiterzuentwickeln. [06] Schülerinnen und Schüler anzu-leiten, experimentelle Untersuchungen in Zusammenarbeit mit anderen durchzuführen und sicher und folgerichtig zu arbeiten. [07] Schülerinnen und Schüler anzu-leiten, die Ergebnisse ihrer eigenen Untersuchungen zu verarbeiten, zu interpretieren und diese darzustellen und diese sowie den gesamten Untersuchungsprozess zu evaluieren. 	<ul style="list-style-type: none"> ... qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durchzuführen und diese zu protokollieren [E3] ... beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltrisikofaktoren zu beachten [E4] ... bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten zu erheben oder sie zu recherchieren [E5] ... in erhobenen oder recherchierten Daten Trends, Strukturen und Beziehungen zu finden, diese zu erklären und geeignete Schlussfolgerungen zu ziehen [E6] <p>Physik (KMK, 2005c): Am Ende der Sekundarstufe I (Mittlerer Schulabschluss) sind Schülerinnen und Schüler kompetent darin, ...</p> <ul style="list-style-type: none"> ... an einfachen Beispielen Hypothesen aufzustellen [E6] ... einfache Experimente zu planen, sie durchzuführen und die Ergebnisse zu dokumentieren [E8] ... gewonnene Daten auszuwerten, ggf. auch durch einfache Mathematisierungen [E9] ... die Gültigkeit empirischer Ergebnisse und deren Verallgemeinerung zu beurteilen [E10] 	

Zypern	Österreich	Finnland	Deutschland
<ul style="list-style-type: none"> • Fragen aufstellen und Hypothesen formulieren, die zu unterschiedlichen Typen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen führen • einen schriftlichen Untersuchungsplan ausarbeiten können • Daten sammeln und ordnen können • Daten analysieren und interpretieren können, um Schlussfolgerungen zu ziehen • über die Ergebnisse ihrer Experimente auf unterschiedlichen Wegen kommunizieren, z. B. mithilfe geschriebener Berichte, Grafiken und Präsentationen • erklären können, dass Untersuchungen manchmal zu nicht erwarteten Ergebnissen führen, was zu neuen Fragen und weiteren Untersuchungen führt 	<p>Physik, Klassenstufe 7–9 (Finnish National Agency for Education, 2014): Das Lehren und Lernen von Physik basiert auf Beobachtung und Untersuchung der natürlichen und technischen Umwelt. Das Ausführen von Untersuchungen hat eine essenzielle Bedeutung für die Erweiterung von Konzepten, beim Lernen von Untersuchungskompetenzen und der Wahrnehmung der Qualität von naturwissenschaftlicher Forschung.</p> <p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • [05] Schülerinnen und Schüler zu ermutigen, Fragen über das thematisierte Phänomen zu stellen und diese Fragen als Basis für Untersuchungen und andere Aktivitäten weiterzuentwickeln • [06] Schülerinnen und Schüler anzuleiten, experimentelle Untersuchungen in Zusammenarbeit mit anderen durchzuführen und sicher und folgerichtig zu arbeiten • [07] Schülerinnen und Schüler anzuregen, die Ergebnisse ihrer eigenen Untersuchungen zu verarbeiten, zu interpretieren und diese darzustellen und diese sowie den gesamten Untersuchungsprozess zu evaluieren 	<p>Physik, Klassenstufe 7–9 (Finnish National Agency for Education, 2014): Das Lehren und Lernen von Physik basiert auf Beobachtung und Untersuchung der natürlichen und technischen Umwelt. Das Ausführen von Untersuchungen hat eine essenzielle Bedeutung für die Erweiterung von Konzepten, beim Lernen von Untersuchungskompetenzen und der Wahrnehmung der Qualität von naturwissenschaftlicher Forschung.</p> <p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • [05] Schülerinnen und Schüler zu ermutigen, Fragen über das thematisierte Phänomen zu stellen und diese Fragen als Basis für Untersuchungen und andere Aktivitäten weiterzuentwickeln • [06] Schülerinnen und Schüler anzuleiten, experimentelle Untersuchungen in Zusammenarbeit mit anderen durchzuführen und sicher und folgerichtig zu arbeiten • [07] Schülerinnen und Schüler anzuregen, die Ergebnisse ihrer eigenen Untersuchungen zu verarbeiten, zu interpretieren und diese darzustellen und diese sowie den gesamten Untersuchungsprozess zu evaluieren 	<p>Physik, Klassenstufe 7–9 (Finnish National Agency for Education, 2014): Das Lehren und Lernen von Physik basiert auf Beobachtung und Untersuchung der natürlichen und technischen Umwelt. Das Ausführen von Untersuchungen hat eine essenzielle Bedeutung für die Erweiterung von Konzepten, beim Lernen von Untersuchungskompetenzen und der Wahrnehmung der Qualität von naturwissenschaftlicher Forschung.</p> <p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • [05] Schülerinnen und Schüler zu ermutigen, Fragen über das thematisierte Phänomen zu stellen und diese Fragen als Basis für Untersuchungen und andere Aktivitäten weiterzuentwickeln • [06] Schülerinnen und Schüler anzuleiten, experimentelle Untersuchungen in Zusammenarbeit mit anderen durchzuführen und sicher und folgerichtig zu arbeiten • [07] Schülerinnen und Schüler anzuregen, die Ergebnisse ihrer eigenen Untersuchungen zu verarbeiten, zu interpretieren und diese darzustellen und diese sowie den gesamten Untersuchungsprozess zu evaluieren

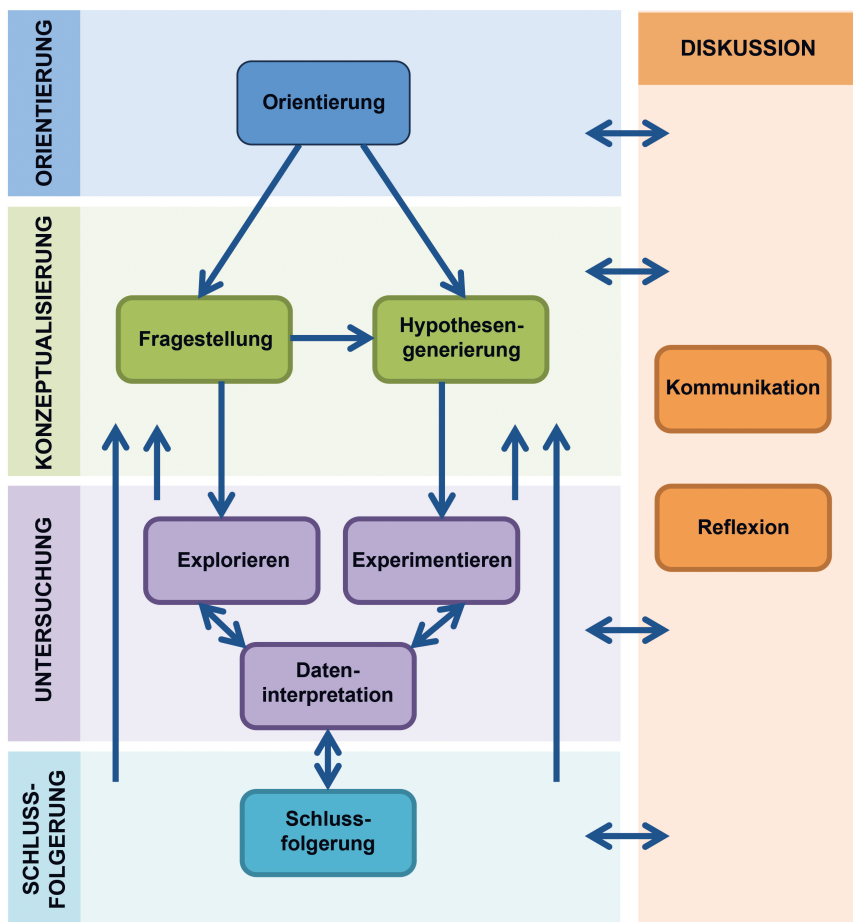
standards vieler Länder implementiert (siehe in Tabelle 3.1 als Beispiele Standards der Länder Zypern, Österreich, Finnland und Deutschland). IBL ist ein möglicher und geeigneter Weg, um den Prozess einer Untersuchung und Kompetenzen für eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu erlernen, was so in den Bildungsstandards beinhaltet ist.

3.3 Der Inquiry-based-Learning-Kreislauf

IBL ist im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der internationalen fachdidaktischen Forschung derzeit einer der leitenden Lehr-Lern-Ansätze. Bereits vor drei Jahrzehnten war Scientific Inquiry in den Bildungsreformen in den USA sowie in Australien und Europa ein herausragender Themenbereich (Minner et al., 2010). Scientific Inquiry hat im Sinne eines Lehr-Lern-Ansatzes viele Ansatzpunkte zu IBL und wird teilweise als deckungsgleicher Ansatz gesehen (Furtak et al., 2012). Eine der größten Herausforderungen bei der Einführung des IBL in den Schulen ist die Selbsteinschätzung der Lehrkräfte, nicht kompetent genug zu sein, um IBL in den eigenen Unterricht einzubinden. Interviews mit Lehrkräften zeigten uns, dass IBL in der Praxis oft durch stark strukturierte Untersuchungsaufträge dominiert ist (Interviews für dieses Buch, 2019). Abrams et al. (2007) führen dies darauf zurück, dass sich Lehrkräfte nicht sicher fühlen, dem IBL-Ansatz in ihrem täglichen Unterrichten zu folgen, weil sie nicht sicher sind, was genau Inquiry ist (eigentlich bedeutet Inquiry übersetzt Untersuchung, Nachforschung). In der Literatur gibt es viele unterschiedliche Definitionen von Inquiry. Zum Beispiel wird der Begriff Scientific Inquiry verwendet, um den Prozess zu beschreiben, dem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler folgen, um neues Wissen zu generieren und zu validieren. Der Begriff Inquiry kann aber auch dazu verwendet werden, um auf IBL zu verweisen, d.h. auf einen Prozess, über den sich Schülerinnen und Schüler aktiv Wissen konstruieren. Zudem wird der Begriff Inquiry Teaching als ein genereller Terminus verwendet, der nicht klar definiert ist (Anderson, 2002; Minner et al., 2010). Zur Komplexität der Definition von Inquiry kommt hinzu, dass Lehrkräfte ein Verständnis aufbauen müssen, wie wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt werden und wie diese zu Unterrichtszwecken angepasst werden können (NRC, 2000). In diesem Buch werden wir den pädagogischen Rahmen des Inquiry-based-Learning-Kreislaufs (siehe Abbildung 3.3) von Pedaste et al. (2015) nutzen, um sicherzustellen, dass der Prozess beim IBL operativ mit einem konkreten Bild hinterlegt wird, das von einer großen Zahl Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern geteilt wird.

In der einschlägigen Fachliteratur ist eine beträchtliche Anzahl unterschiedlicher Inquiry-based-Learning-Kreisläufe erschienen. Alle Versionen weisen jedoch hohe Überschneidungen in Bezug auf die Phasen (auch als Prozesse, Teilprozesse oder Schritte bezeichnet), die in den Kreislauf involviert sind, auf. Unterschiede

Abb. 3.3: Pädagogischer Rahmen IBL-Kreislauf (Pedaste et al., 2015, S. 56; ins Deutsche übersetzt)



treten hauptsächlich durch die Verwendung unterschiedlicher Bezeichnungen von gleichen Phasen oder durch die Unterteilung von Phasen in Unterphasen (Teilphasen) auf. Der pädagogische Rahmen des Inquiry-based-Learning-Kreislaufs (IBL-Kreislauf) von Pedaste et al. (2015) wurde in Anlehnung an existierende IBL-Kreisläufe entwickelt, indem deren Kernelemente identifiziert und synthetisiert wurden. Dieser pädagogische Rahmen wurde ursprünglich erstellt, um die Konzeption und Implementierung von IBL innerhalb von Online-Laboren zu unterstützen. Nach der Veröffentlichung im Jahr 2015 wurde der Kreislauf in vielen empirischen Arbeiten zur Nutzung von Online-Experimentieraktivitäten eingesetzt (siehe in diesem Zusammenhang Efstathiou et al., 2018; Hovar-

das et al., 2017; van Riesen et al., 2018; Xenofontos et al., 2020). In allen diesen Studien wurde ein Lernszenario in die Interventionen eingebunden, das auf den Phasen des IBL-Kreislaufs basiert. Neben der Entwicklung von Untersuchungsaktivitäten mithilfe von Online-Laboren nutzen viele Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker den IBL-Kreislauf, um Unterrichtsmaterial zum Experimentieren in Realsituationen zu entwerfen. In der kürzlich erfolgten Bildungsreform in Zypern wurde als Beispiel der IBL-Kreislauf als zentraler pädagogischer Rahmen für naturwissenschaftliches Lehren und Lernen in der Primar- und Sekundarstufe eingebunden (Cyprus Ministry of Education [YIHHAN], 2016; 2017c).

Entsprechend dem Rahmen des IBL-Kreislaufs besteht der Inquiry-based-Learning-Prozess aus fünf Phasen.

Die erste Phase ist die *Orientierung*, in der die Schülerinnen und Schüler in das Problem, das untersucht werden soll, eingeführt werden. Der Schwerpunkt in dieser Phase liegt darauf, das Interesse und die Neugierde der Schülerinnen und Schüler zu wecken und sie mit den Hauptvariablen, dem Problem und dem Sachverhalt des Themas vertraut zu machen.

Die zweite Phase ist die *Konzeptualisierung*, in der sich die Schülerinnen und Schüler mit der Struktur des Problems auseinandersetzen. Die Schülerinnen und Schüler folgen zwei alternativen Wegen (Unterphasen), der Unterphase *Fragestellung* oder der Unterphase *Hypothesengenerierung*. Beide Unterphasen sind durch ähnliche Elemente charakterisiert, die in die *Konzeptualisierungsphase* einbezogen sind. Beide stützen sich auf theoretische Rechtfertigung und beinhalten die Definition unabhängiger und abhängiger Variablen. Allerdings erfordert nur die Unterphase der *Hypothesengenerierung* die Beschreibung einer bestimmten Beziehung zwischen den Variablen, während die Unterphase *Fragestellung* offener ist und eine Untersuchung der Beziehungen zwischen Variablen anstrebt. Die Auswahl einer dieser beiden Unterphasen hängt von der Art der Untersuchungsaktivität ab und bestimmt den Weg, dem die Schülerinnen und Schüler in der nächsten Phase folgen müssen. In der Phase *Konzeptualisierung* sind drei unterschiedliche Szenarien möglich:

- a) Frage stellen und mit der Untersuchungsunterphase *Explorieren* fortfahren;
- b) Hypothese generieren und mit der Untersuchungsunterphase *Experimentieren* fortfahren;
- c) Frage stellen und mit der Generierung einer Hypothese fortfahren.

Die dritte Phase, die *Untersuchung*, beinhaltet die drei Unterphasen *Explorieren*, *Experimentieren* und *Dateninterpretation*. Die Schülerinnen und Schüler können je nach aktuellem Stand der Untersuchung die Phasen vor- und zurückgehen. Der Doppelpfeil zwischen *Dateninterpretation* und *Experimentieren* bzw. *Exploration* wurde hinzugefügt, um die dynamische Natur des Kreislaufs darzustellen und die Tatsache deutlicher zu machen, dass es sich nicht um einen linearen Prozess

handelt, der in einer hierarchischen Reihenfolge abläuft. Die Schülerinnen und Schüler gehen zur Unterphase *Explorieren*, wenn sie nur eine Frage in der vorhergehenden Phase aufgestellt haben, oder sie gehen zur Unterphase *Experimentieren*, wenn sie in der vorherigen Phase eine Hypothese aufgestellt haben. Beide Unterphasen (*Explorieren* und *Experimentieren*) beinhalten das Planen und Ausführen von Untersuchungsprozeduren, während in der dritten Unterphase *Dateninterpretation* die gesammelten Daten und Zusammenhänge der Variablen interpretiert werden. Der Kernpunkt der Unterphase *Exploration* ist die Untersuchung von mehr als einem Variablenpaar oder einer möglichen Beziehung, die in der Unterphase *Fragestellung* identifiziert wurden. Der Schwerpunkt der Unterphase *Experimentieren* liegt hingegen auf der Untersuchung der speziellen Beziehung eines Variablenpaares, die in der Hypothese formuliert wurde.

In der vierten Phase, der *Schlussfolgerung*, ziehen die Schülerinnen und Schüler aus ihren gesammelten Daten Schlussfolgerungen und bestimmen, ob ihre in der Phase *Konzeptualisierung* aufgestellten Forschungsfragen oder Hypothesen durch die Ergebnisse ihrer Untersuchung beantwortet bzw. bestätigt wurden. Wenn der Fragestellung-Pfad verfolgt wurde, führt die Phase *Schlussfolgerung* zur Identifizierung einer Beziehung zwischen Variablen. Dagegen endet die Schlussfolgerung mit der Bestätigung oder Ablehnung der Hypothese, wenn der Hypothesen-Pfad verfolgt wurde.

Die fünfte Phase des IBL-Kreislaufs, genannt *Diskussion*, beinhaltet Prozesse der Kommunikation der Ergebnisse mit anderen und/oder der Kontrolle des Lernprozesses durch Einbindung in Reflexionsaktivitäten. Die Phase setzt sich aus zwei Unterphasen zusammen, *Kommunikation* und *Reflexion*, die während des gesamten Untersuchungsprozesses auftreten können. In der Unterphase *Kommunikation* präsentieren die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse aus einer Phase oder dem gesamten Untersuchungsprozess und diskutieren diese mit anderen. In der Unterphase *Reflexion* beschreiben, kritisieren und evaluieren Schülerinnen und Schüler den eingeschlagenen Prozess, die Ergebnisse spezieller Phasen und/oder den gesamten IBL-Kreislauf.

An dieser Stelle ist es wichtig zu erwähnen, dass im IBL-Kreislauf drei hauptsächliche Wege möglich sind (vgl. Abb. 3.3). Wenn wir die Phase *Diskussion* außer Acht lassen, da diese als ein paralleler Prozess während jeder Phase oder am Ende der Untersuchung gesehen werden kann, dann sind die drei Hauptwege folgende:

1. Orientierung – Fragestellung – Exploration – Dateninterpretation – Schlussfolgerung
2. Orientierung – Hypothesengenerierung – Experimentieren – Dateninterpretation – Schlussfolgerung
3. Orientierung – Fragestellung – Hypothesengenerierung – Experimentieren – Dateninterpretation – Schlussfolgerung

Auf jedem der drei Wege ist es möglich, vorwärts von der Phase *Untersuchung* zur Phase *Schlussfolgerung* oder zurück zur Phase *Konzeptualisierung* zu gehen. Der Übergang ist abhängig von den Daten, die in der Untersuchung gesammelt wurden. Haben Schülerinnen und Schüler genug Evidenz, um die aufgestellte Frage aus der vorhergehenden Phase zu beantworten oder um die formulierte Hypothese zu bestätigen/verwerfen, gehen sie zur Phase *Schlussfolgerung* über. Wenn aber die Datensammlung nicht möglich ist oder die Daten nicht aussagekräftig sind, gehen die Schülerinnen und Schüler zurück zur Phase *Konzeptualisierung*, um ihre Fragen und/oder Hypothesen zu überdenken, zu verändern oder anzupassen und den experimentellen Prozess in der Phase *Untersuchung* zu wiederholen. Das Zurückgehen zur Phase *Konzeptualisierung* erfolgt auch dann, wenn Schülerinnen und Schüler neue Ideen haben und/oder andere mögliche Zusammenhänge der Variablen des untersuchten Phänomens vermuten. Die beschriebenen Wege stellen nur Standardwege dar. Der tatsächliche Weg, dem die Lernenden folgen, hängt vom verwendeten Arbeitsszenario und dem Kontext ab.

Zusammengefasst stellt der pädagogische Rahmen des IBL-Kreislaufs folgende grundlegend auszuführende Aufgaben beim Untersuchen dar: Variablen identifizieren, Hypothesen bilden, Untersuchungen (Experimente) planen und ausführen, evidenzbasierte Schlussfolgerungen ziehen, kommunizieren und reflektieren. Die Strukturierung der genannten Aufgaben in fünf Phasen ermöglicht für Schülerinnen und Schüler einen kontinuierlichen Prozess der Untersuchung. Diese Struktur bereichert die Lernerfahrung und hilft den Schülerinnen und Schülern, optimale Lernergebnisse zu erzielen, unabhängig von ihren aktuellen Fähigkeiten, da durch die Struktur viele Möglichkeiten zur Führung bestehen. Darüber hinaus hilft diese Struktur Lehrkräften, die Schwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler in Bezug auf spezifische Aufgaben zu diagnostizieren, die Untersuchungsaufgaben besser dem Lernstil der Schülerinnen und Schüler anzupassen sowie die Aufgaben in Bezug auf die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu differenzieren und zu individualisieren. Sowohl die Diagnose von Schülerinnen- und Schülerkompetenzen als auch die Differenzierung beim IBL werden in den nachfolgenden Kapiteln dieses Buches diskutiert.

3.4 Über Inquiry-based Learning vermittelbare Wissensbereiche

Van Uum et al. (2016) stellten mit Verweis auf Duschl (2008) sowie Furtak et al. (2012) heraus, dass das naturwissenschaftliche Wissen in vier Wissensbereiche unterteilt werden kann. Die im vorhergehenden Abschnitt ausgeführte Beschreibung des IBL-Kreislaufs verdeutlicht, dass die Einbindung der Schülerinnen und Schüler in die verschiedenen Phasen beim IBL sie dabei unterstützen kann, ver-

schiedenste Arten von Wissen einzusetzen, anzuwenden oder aufzubauen. Im Folgenden werden die vier Bereiche mit Beispielen vorgestellt.

Konzeptueller Bereich: Der konzeptuelle (deklarative) Wissensbereich beinhaltet das Inhaltswissen über naturwissenschaftliche Systeme und Phänomene (Fakten, Konzepte, Theorien und Prinzipien): zum Beispiel für die Keimung notwendige Faktoren, Anatomie und Physiologie eines menschlichen Herzens, notwendige Elemente eines elektrischen Stromkreises.

Alle Handlungen in der Wissenschaft sind umrahmt von konzeptuellem Wissen; zum einen das Vorwissen, das zum Entwickeln von Fragestellungen und Hypothesen benötigt wird, sowie zum anderen die Ergebnisse, die durch Untersuchungen entstehen.

Epistemischer Bereich: Der epistemische Wissensbereich beinhaltet Wissen über die *Natur der Naturwissenschaften (NOS: Nature of Science)*. Der Terminus NOS bezieht sich auf Methoden der Wissenschaft, der Epistemologie der Wissenschaft und der Beziehung zwischen Gesellschaft, Kultur und Wissenschaft. Zum Beispiel: Wissen darüber, was ein Experiment ist, ein Verständnis für die Notwendigkeit der Wiederholung von Messungen, ein Verständnis dafür, dass wissenschaftliche Erkenntnisse sich ändern können, ein Verständnis dafür, dass Wissenschaft unser Leben verbessern kann, usw.

Der epistemische Wissensbereich schließt das Wissen der Schülerinnen und Schüler darüber ein, wie wissenschaftliches Wissen entsteht (was aber auch dem konzeptuellen Bereich zugeordnet werden kann).

Sozialer Bereich: Der soziale Wissensbereich beinhaltet auf der einen Seite Kompetenzen zum kritischen Denken und zum Reflektieren (der eigenen und von fremden Arbeiten) sowie auf der anderen Seite Kompetenzen zum Austausch von Ergebnissen und zum Arbeiten in einer Gruppe. Aspekte des kritischen Denkens sind die Auswertung und das Hinterfragen von Ergebnissen. Zusammengefasst gesagt sind Kompetenzen der Zusammenarbeit (gemeinsame Entscheidungsfindung), der Argumentation und der Kommunikation im sozialen Wissensbereich vereinigt. Zum Beispiel: Wenn die Schülerinnen und Schüler eine Untersuchung abschließen, kommunizieren sie in verschiedenen Formen (Protokolle, mündliche Präsentationen) über ihre Ergebnisse und sollten (gemeinsam) darüber nachdenken, was von anderen oder von ihnen selbst weiter untersucht werden kann.

Prozeduraler Bereich: Der prozedurale Wissensbereich (Prozess- und Methodenwissen) setzt sich aus Kompetenzen zu den Teilphasen des Untersuchens zusammen. Zum Beispiel: Kompetenzen zur Formulierung einer Forschungsfrage, Generierung einer Hypothese, Planung und Durchführung einer Untersuchung,

Datenerhebung und Analyse von Daten für die Schlussfolgerung. Durch die Anwendung dieser Fähigkeiten während des IBL lernen die Schülerinnen und Schüler nicht nur die Teilphasen kennen, sondern erfahren auch, dass diese Schritte die grundlegenden Prozesse sind, die eine wissenschaftliche Untersuchung definieren. Die Unterscheidung zwischen epistemisch und prozedural ist wichtig. IBL wird oft als eine nur praktische Aktivität beschrieben, bei der die Schülerinnen und Schüler Materialien manipulieren und Daten selbst sammeln, aber nicht am Prozess der Auswertung der Daten teilnehmen (Furtak et al., 2012). Für den prozeduralen Wissensbereich ist es im Vergleich zum epistemischen nicht essenziell die erkenntnistheoretischen Begründungen für die Vorgehensweisen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen zu verstehen. Die PISA Studie definiert den Unterschied zwischen prozedural und epistemisch wie folgt: Prozedural ist „einen Kontrollansatz anlegen können“ und epistemisch ist „begründen können, warum ein Kontrollansatz wichtig ist“ (siehe hierzu Reiss, 2019).

Die vier aufgeführten Wissensbereiche werden später in Bezug auf das Differenzierungstool für uns wieder von Interesse sein.

3.5 Grade der Offenheit beim Inquiry-based Learning

Im Inquiry-based-Learning-Ansatz sollen Schülerinnen und Schüler aktiv in die Planung und Ausführung von Untersuchungen eingebunden werden (das Argument ist begründet auf den Grundsätzen von Dewey, Bruner und der konstruktivistischen Lerntheorie). Ein ständiges Vorgehen mit einer vorgefertigten, „geschlossenen“ Untersuchungsanleitung widerspricht den Prinzipien des IBL. Geschlossene Untersuchungen sind zwar wichtig, um Schülerinnen und Schüler in die Untersuchungsmethoden einzuführen. Wurden sie eingeführt, müssen dann aber Öffnungen erfolgen (Baur et al., 2017). Eine komplette Öffnung des Inquiry-Prozesses scheint wiederum Schülerinnen und Schüler zu überfordern (Kirschner et al., 2006). Dies wurde auch über die Interviews mit Lehrkräften deutlich, die im Kontext des Projekts *DifferentiatInq* durchgeführt wurden. Die interviewten Lehrkräfte betonten, dass Schülerinnen und Schüler bei einer offenen Untersuchung allgemeine und vielfältige Probleme haben. Dazu gehören Schwierigkeiten bei der Formulierung von Forschungsfragen, bei der Formulierung von Hypothesen, bei der Planung von Experimenten und bei der Ableitung einer Schlussfolgerung.

In den Interviews wurde folgende Frage gestellt: „Welche Probleme/Schwierigkeiten beobachten/vermuten Sie bei den Schülerinnen und Schülern, wenn diese offen experimentieren (also Experimente nach eigener Hypothesenbildung selbst planen und durchführen)?“ Beispiele von Antworten der interviewten Lehrkräfte:

Lehrkraft A: „... bei der Formulierung einer Forschungsfrage glaube ich tatsächlich, dass viele [Schülerinnen und Schüler] sprachlich an ihre Grenzen stoßen. Dass sie einfach Schwierigkeiten haben, eine Frage so zu formulieren, dass die dann auch überprüfbar ist.“

Lehrkraft B: „Zum Teil können die [Schülerinnen und Schülern] auch keine Hypothesen bilden, alleine. Ich muss ihnen immer irgendwelche Vorgaben geben oder ich muss gute Fragen stellen, damit die das selber formulieren können.“

Lehrkraft C: „... sie [Schülerinnen und Schüler] wissen nicht unbedingt, wie sie damit [Untersuchungsmaterialien] dann wirklich umgehen müssen.“

Lehrkraft D: „... das eine ist, dass Beobachtungen und Ergebnisse vermischt wird ...“

Um die Schülerinnen und Schüler vor einer Überforderung zu schützen und um die Selbstständigkeit (Offenheit) der Lernenden beim IBL zu unterstützen, gibt es zwei unterschiedliche Typen von Ansätzen: lineare Ansätze und nicht-lineare Ansätze. Lineare Ansätze beinhalten aufeinanderfolgende Stufen der Offenheit und die Schülerinnen und Schüler müssen diese nacheinander „erklimmen“, um ihre Selbstständigkeit auszubauen. Es gibt lineare Ansätze mit drei Schritten – Stufe 1: Offenheit der Lösung; Stufe 2: Offenheit der Methode und Lösung; Stufe 3: Offenheit der Fragestellung, Methode und Lösung (siehe Schwab, 1960, 1966). Andere lineare Ansätze bestehen aus vier Stufen – Stufe 1: keine Offenheit; Stufe 2: Offenheit der Lösung; Stufe 3: Offenheit der Methode und Lösung; Stufe 4: Offenheit der Fragestellung, Methode und Lösung (siehe Bell et al., 2005; Herron, 1971). Mit nicht-linearen Ansätzen (siehe Baur et al., 2020; Baur & Emden, 2020; Mayer & Ziemek, 2006) ist es möglich, den Untersuchungsinhalt (Komplexität, Sicherheitsaspekte), die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler (vielleicht müssen die Lernenden erst in neue Methoden – Titration, Spannungsmessung oder Ähnliches – für die bevorstehende Untersuchung eingewiesen werden und benötigen Anleitung) und die Vertrautheit der Lehrkraft mit dem Phänomen bei der Gestaltung des Inquiry-based-Learning-Prozesses zu berücksichtigen. In nicht-linearen Ansätzen können alle „möglichen“ Teilphasen geöffnet und alle „nicht möglichen“ Teilphasen des Inquiry-Prozesses (Inquiry-Kreislaufs) geschlossen angeboten werden. Die Begriffe „möglich“ und „unmöglich“ beziehen sich hierbei auf die vorhanden bzw. nicht-vorhandenen Kompetenzen der Lernenden, die entsprechende Teilphase selbstständig zu bewältigen. Der Grad der Offenheit einer Teilphase kann ohne Berücksichtigung der Offenheitsgrade der anderen Teilphasen gewählt werden. Trotz der Möglichkeit, Teilphasen zu öffnen und wieder zu schließen, zielen nicht-lineare Ansätze auch darauf ab, die Selbstständigkeit der Lernenden zu fördern.

Zur Konzeption des Differenzierungskonzeptes (Differenzierungstool), welches das Herz dieses Buches darstellt, haben wir den nicht-linearen Ansatz von Baur et al. (2020) an den IBL-Kreislauf von Pedaste et al. (2015) angepasst. Der Ansatz umfasst für jede Teilphase der Untersuchung verschiedene Grade der Of-

Abb. 3.4: Offenheitsgrade – Inquiry-Phasen (adaptiert von Baur & Emden, 2020, S. 6)

	<i>0</i> geschlossen	<i>1</i> leicht geöffnet	<i>2</i> geöffnet	<i>3</i> offen
Konzeptualisierung	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)
	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf
Untersuchung	Planung und Ausführung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus
Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
Selbstständigkeit Lernende				
Anleitung Lehrkraft				

Abb. 3.5: Offenheitsgrade – Phase Diskussion

	0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
Diskussion	Kommunikation	---	Lernende kommunizieren und Lehrkraft moderiert die Kommunikation (gibt Hilfe, falls nötig)	Lernende kommunizieren ohne Hilfe
	Reflexion	Lehrkraft reflektiert	Lernende reflektieren und Lehrkraft moderiert die Reflexion (gibt Hilfe, falls nötig)	Lernende reflektieren ohne Hilfe
	Anleitung Lehrkraft			
	Selbstständigkeit Lernende			

fenheit – *geschlossen, leicht geöffnet, geöffnet, offen* (angepasster nicht-linearer Ansatz siehe Abbildung 3.4 und 3.5). Im Beispiel 3.1 sind verschiedene Grade der Offenheit illustriert. Bei der Anpassung des nicht-linearen Ansatzes von Baur et al. mussten die Phasen *Orientierung* und *Diskussion* hinzugefügt werden. Der nicht-lineare Ansatz von Baur et al. ist in einer Tabelle angeordnet. Um der Besonderheit der Phase *Diskussion* Rechnung zu tragen, haben wir den nicht-linearen Ansatz in zwei Tabellen unterteilt. Die Phase *Diskussion* hat Verbindungen zu allen anderen Phasen (Abb. 3.5).

Beispiel 3.2

Keimungsexperiment in unterschiedlichen Öffnungsgraden

Zur Illustration des im Buch verwendeten nicht-linearen Ansatzes wird im Folgenden das Stundenbeispiel zur Keimung aus der Einleitung dieses Kapitels (Beispiel(-)Box 3.1, Beispiel B) verwendet. Da im Beispiel ein Experiment als Erkenntnismethode Einsatz findet, ist eine Hypothese notwendig (siehe hierzu Kapitel 4), daher wird für die *Konzeptualisierung* Weg C (Frage stellen und mit der Generierung einer Hypothese fortfahren; siehe S. 44) beschrieben (auch Weg B wäre denkbar: Hypothese generieren und mit der Untersuchungsunterphase *Experimentieren* fortfahren; siehe S. 44).

Orientierung:

<i>geschlossen</i>	<i>leicht geöffnet</i>	<i>geöffnet</i>	<i>offen</i>
<i>Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt</i>	<i>Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)</i>	<i>Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)</i>	<i>Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein</i>

Die Lehrkraft zeigt den Schülerinnen und Schülern gekeimte Kresse-Samen, die auf ihrer Hand liegen, und leitet die Lernenden dazu an, zu überlegen, was Samen zur Keimung benötigen. Dies ist ein Teil der Phase *Orientierung* und stellt dann eine *geschlossene* Handlung dar, wenn die Lehrkraft das Problem der Untersuchung vorstellt (vorgibt). Es stellt eine *offene* Handlung dar, wenn die Schülerinnen und Schüler das Problem selbst in den Unterricht einbringen, zum Beispiel wenn eine Schülerin oder ein Schüler der Klasse erzählt, dass sie/er verblüfft war zu sehen, dass ihre/seine Mutter Kresse in einem Glas ohne Erde kultiviert. Es ist *leicht geöffnet*, wenn die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern einen Film zeigt, in dem eine Gärtnerin oder ein Gärtner Samen in die Erde pflanzt, diese gießt und nach wenigen Tagen kleine Pflanzen sichtbar sind. In den Abbildungen zum Modell des nicht-linearen Ansatzes (Abb. 3.4 und 3.5) sind Beispiele für Methoden aufgeführt, da in unserem Beispiel die Auswahl aus mehre-

ren Phänomenen nicht passt, wurde eine andere Methode gewählt (weitere Methoden finden sich im Kapitel 6, Tabelle 6.1). Es ist *geöffnet*, wenn eine Lehrkraft zwei Bilder präsentiert, auf einem Bild sind Samen sichtbar und auf dem anderen Bild ist eine Pflanze zu sehen.

Fragstellung:

<i>geschlossen</i>	<i>leicht geöffnet</i>	<i>geöffnet</i>	<i>offen</i>
<i>Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung</i>	<i>Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen</i>	<i>Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung</i>	<i>Lernende stellen eigene Fragen</i>

Nach der Orientierung formulieren die Schülerinnen und Schüler in unserem Beispiel Fragen mithilfe der Lehrkraft, diese Unterphase der Phase *Konzeptualisierung* ist *geöffnet*. Sie wäre *geschlossen*, wenn die Lehrkraft die Frage vorgeben würde (z. B. „Kann Samen ohne Erde keimen?“ oder „Was benötigt Samen zur Keimung?“). Sie wäre *leicht geöffnet*, wenn die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit hätten, Fragen aus einem Pool vorgefertigter Fragen auszuwählen (z. B. „Kann Samen ohne Erde keimen?“, „Kann Samen ohne Licht keimen?“ ...). Wenn die Schülerinnen und Schüler eine Frage ohne Hilfe formulieren würden, wäre die Unterphase hingegen *offen*.

Hypothesengenerierung:

<i>geschlossen</i>	<i>leicht geöffnet</i>	<i>geöffnet</i>	<i>offen</i>
<i>Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese</i>	<i>Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen</i>	<i>Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf</i>	<i>Lernende entwickeln eigene Hypothesen</i>

Nach der Formulierung oder Auswahl der Frage formulieren die Schülerinnen und Schüler Hypothesen. Die Unterphase *Hypothesengenerierung* kann *offen* sein, wenn Schülerinnen und Schüler Hypothesen ohne Hilfe generieren. Sie kann *geöffnet* sein, wenn die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern hilft, ihre Ideen in Form von Hypothesen aufzuschreiben. Sie kann *leicht geöffnet* sein, wenn die Lernenden aus einer Liste vorgefertigter Hypothesen auswählen. Sie kann *geschlossen* sein, wenn die Lehrkraft die Hypothese der Untersuchung vorgibt.

Planung und Ausführung der Untersuchung:

<i>geschlossen</i>	<i>leicht geöffnet</i>	<i>geöffnet</i>	<i>offen</i>
<i>Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung</i>	<i>Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten</i>	<i>Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen</i>	<i>Lernende entwickeln eigenes Vorgehen</i>

In einer ähnlichen Weise kann in unserem Beispiel die Unterphase *Planung und Ausführung der Untersuchung* in allen möglichen Graden der Offenheit geplant werden. Sie kann *offen* sein, wenn die Schülerinnen und Schüler ihre Untersuchung ohne Hilfe planen. Sie kann *geöffnet* sein, wenn die Lehrkraft eine Auswahl an Materialien anbietet, von denen einige sinnvoll zur Planung und Ausführung sind und einige nicht (Beispiel einer Auswahl von Materialien: Samen, Boden, Sand, Kartons, Lampen, Watte, Bechergläser, Wasser, Petrischalen, Kühlschrank). Sie kann *leicht geöffnet* sein, wenn die Lehrkraft einen Materialpool anbietet, aus dem alle Materialien benötigt werden, aber das Entwickeln des notwendigen Untersuchungsaufbaus von den Lernenden vollzogen wird (Beispiel eines Materialpools für die Hypothese „Für die Keimung wird Erde benötigt.“: Samen, Pflanzenerde, Watte, Wasser, Petrischalen). Sie kann auch *geschlossen* sein, wenn die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern eine exakte Anleitung gibt, wie sie vorzugehen haben.

Dateninterpretation:

<i>geschlossen</i>	<i>leicht geöffnet</i>	<i>geöffnet</i>	<i>offen</i>
<i>Lernende werten die Daten nach Anleitung aus</i>	<i>Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)</i>	<i>Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus</i>	<i>Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung</i>

Nach der Planung des Experiments sammeln die Schülerinnen und Schüler in der Unterphase *Dateninterpretation* Daten und analysieren diese. Im Keimungsbeispiel ist dieser Schritt nicht so schwer, da die Schülerinnen und Schüler nur prüfen müssen, in welcher Petrischale die Samen keimen, und überlegen müssen, welche Faktoren in dieser Petrischale und welche in den anderen einbezogen sind. Daher kann diese Unterphase als *offene* Aufgabe geplant werden (vielleicht etwas geschlossener, wenn die Anzahl der Keimlinge mit in Betracht gezogen wird).

Schlussfolgerung:

geschlossen	leicht geöffnet	geöffnet	offen
Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf

Die nun folgende Phase ist die *Schlussfolgerung*, die in unserem Beispiel sowohl *offen*, *geöffnet* oder *leicht geöffnet* angeboten werden kann. Die Schülerinnen und Schüler können normalerweise sehr leicht erkennen, welche der Samen keimen und welche nicht. Es ist meist auch nicht schwer für die Lernenden, dies in Bezug zur Forschungsfrage und Hypothese zu bringen. Doch manche Schülerinnen und Schüler benötigen Hilfe und die Phase *Schlussfolgerung* muss dann *geöffnet* oder *leicht geöffnet* angeboten werden. Eine *geöffnete* Schlussfolgerung kann mit Denkanstößen initiiert werden, zum Beispiel mit den folgenden: (1) Wenn deine Hypothese bestätigt wäre, in welchen Testansätzen müsste man dann keimende Samen erkennen können und in welchen nicht? (2) Vergleiche deine Aussage aus (1) mit deinen Beobachtungen. (3) Ist deine Hypothese bestätigt oder nicht bestätigt? Die *Schlussfolgerung* kann *leicht geöffnet* sein, wenn für jede mögliche Hypothese ein Bild mit allen notwendigen Versuchsansätzen und den Beobachtungen, die man machen könnte, wenn die Hypothese korrekt wäre, angeboten wird. Die Schülerinnen und Schüler haben dann die Aufgaben: (1) Prüfe, ob du alle notwendigen Versuchsansätze aufgebaut hast. Wenn JA, dann: (2) Vergleiche, ob deine Beobachtungen zu den Beobachtungen auf dem Bild passen. Wenn JA, dann ist deine Hypothese bestätigt, wenn NEIN, dann ist sie widerlegt.

Diskussion:

	geschlossen	leicht geöffnet	geöffnet	offen
Kommunikation	---	Lernende kommunizieren entsprechend fest vorgegebener Aspekte	Lernende kommunizieren und Lehrkraft moderiert die Kommunikation (gibt Hilfe, falls nötig)	Lernende kommunizieren ohne Hilfe
Reflexion	Lehrkraft reflektiert	Lernende reflektieren entsprechend vorgegebener Reflexionsfragen	Lernende reflektieren und Lehrkraft moderiert die Reflexion (gibt Hilfe, falls nötig)	Lernende reflektieren ohne Hilfe

Schülerinnen und Schüler können, wenn sie in Kommunikation und Reflexion geübt sind, in der letzten Phase *Diskussion* offen arbeiten. Was bedeutet, dass sie selbst entscheiden, wie sie ihre Ergebnisse präsentieren, und dass sie die Reflexion ohne Hilfe ausführen. Wenn die Schülerinnen und Schüler nicht geübt sind, sind einfache Hinweise (*geöffnet*) oder Denkanstöße (*leicht geöffnet*) zur Kommunikation und Reflexion möglich. Denkanstöße könnten eine Liste von Fragen zum Nachdenken oder eine Struktur für die Präsentation sein.

Zusammenfassung

Inquiry-based Learning (IBL; deutsche Übersetzung: Forschendes Lernen) ist ein Lehr-Lern-Ansatz, der in Einklang mit zeitgemäßen Konzepten des naturwissenschaftlichen Unterrichtens steht und in den Bildungsstandards vieler Länder verankert ist.

IBL ist durch die folgenden Elemente gekennzeichnet: (1) Die Untersuchung beginnt mit einem Problem/einer Frage; (2) die Schülerinnen und Schüler planen die Untersuchung; (3) die Schülerinnen und Schüler führen Untersuchungen durch, um Daten zu erhalten; (4) die Schülerinnen und Schüler finden durch die Untersuchung für sich neues, bedeutungsvolles Wissen; (5) die Schülerinnen und Schüler kommunizieren und begründen ihre Ergebnisse (gewonnenen Erkenntnisse).

Der Prozess beim IBL kann durch den IBL-Kreislauf beschrieben werden (siehe Abbildung 3.3).

Es gibt vier Wissensbereiche, aus denen Wissen mithilfe von IBL vermittelbar ist. Die Wissensbereiche sind: konzeptueller Wissensbereich, epistemischer Wissensbereich, sozialer Wissensbereich und prozeduraler Wissensbereich.

Um die Selbstständigkeit („offenes“ Arbeiten) der Schülerinnen und Schüler beim IBL auszubauen, scheinen nicht-lineare Ansätze geeignet (siehe Abbildung 3.4 und 3.5).

Das Experimentieren ist eine Facette von wissenschaftlichem Arbeiten (den Methoden zur Erkenntnisgewinnung) und wird im nächsten Kapitel genauer erklärt. IBL wie auch Experimentieren im Sinne von IBL werden der Fokus des Differenzierungskonzepts (Differenzierungstools) sein.

Literatur

- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland & P. Silva (Hrsg.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Information Age Publishing.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., Wals, A. E., Oosterheert, I. & Mulder, M. (2012). Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study

- and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609–2640.
- Anderson, R. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.
- Barrow, L. H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265–278.
- Baur, A., Ehrenfeld, U. & Hummel, E. (2017). *Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Biologie: Unterrichtsideen, Materialien und didaktische Grundlagen zum offenen Experimentieren (5. bis 10. Klasse)*. Persen.
- Baur, A. & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Baur, A., Hummel, E., Emden, M. & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU journal*, 73(2), 125–128.
- Bell, R. L., Smetana, L. & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *Science Teacher*, 72(7), 30–33.
- BIFIE (2011). *Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe*, Verfügbar unter: http://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Kobbala & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (p. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Capps, D. K., Shemwell, J. T. & Young, A. M. (2016). Over reported and misunderstood? A study of teachers' reported enactment and knowledge of inquiry-based science teaching. *International Journal of Science Education*, 38(6), 934–959.
- Crippen, K. J. & Archambault, L. (2012). Scaffolded inquiry-based instruction with technology: A signature pedagogy for STEM education. *Computers in the Schools*, 29(1+2), 157–173.
- Dewey, J. (2001). *Democracy and education: Reprint*. Pennsylvania State University, Electronic Classics Series.
- Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291.
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2019). *Lernpsychologie* (8., vollständig überarbeitete Auflage). Beltz.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N. & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3+4), 391–450.
- Efstathiou, C., Hovardas, T., Xenofontos, N., Zacharia, Z., de Jong, Anjewierden, A. & van Riesen, S. (2018). Providing guidance in virtual lab experimentation: The case of an experiment design tool. *Educational Technology Research and Development*, 66(3), 767–791.
- Finnish National Agency for Education (2014). *National Core Curriculum of Basic Education 2014*. Helsinki: Finland.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 8410–8415.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Gibson, H. L. & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693–705.
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The School Review*, 79(2), 171–212.

- Howardas, T., Xenofontos, N. & Zacharia, Z. (2017). Using virtual labs in an inquiry context: The effect of a hypothesis formulation tool and an experiment design tool on students' learning. In I. Levin & D. Tsybulsky (Hrsg.), *Optimizing STEM Education with Advanced ICTs and Simulations*. IGI Global. ISBN13: 9781522525288; EISBN13: 9781522525295.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work. An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16. 12. 2004*. München.
- KMK (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16. 12. 2004*. München.
- KMK (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16. 12. 2004*. München.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R. & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063–1080.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 30(317), 4–12.
- Minner, D. D., Jurist Levy, A. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984–2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240.
- NRC (National Research Council) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. National Academy Press.
- Oelkers, J. (2018). John Deweys Philosophie der Erziehung. In F.-M. Konrad & M. Knoll (Hrsg.), *John Dewey als Pädagoge* (p. 29–59). Julius Klinkhardt.
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: Nuffield Foundation.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Reich, K. (2012). *Konstruktivistische Didaktik. Das Lehr- und Studienbuch mit Online-Methodenpool*. Beltz.
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E. & Köller, O. (2019). *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich*. Waxmann.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Rocard report: „Science education now: A new pedagogy for the future of Europe“*. EU 22845, European Commission.
- Schaub, H. & Zenke, K. G. (2000). *Wörterbuch Pädagogik*. DTV.
- Schneider, R., Krajcik, J., Marx, R. & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410–422.
- Schnotz, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt*. Beltz.
- Schubert, V. (2019). *Der Pädagoge als Ingenieur*. Beltz.
- Schwab, J. J. (1960). Inquiry, the science teacher, and the educator. *The School Review*, 68(2), 176–195.

- Schwab, J.J. (1966). The teaching of science as enquiry. In President and Fellows of Harvard College (Hrsg.), *The Teaching of Science* (pp. 3–103). Harvard University Press.
- Shamos, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewußtsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 45–68). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Stangl, W. (2020). *Entdeckendes Lernen*. Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik. Verfügbar unter: <https://lexikon.stangl.eu/12075/entdeckendes-lernen/> [2020-06-16]
- University of Manchester. (2010). *What is Enquiry-Based Learning (EBL)?* Retrieved from <http://www.ceebl.manchester.ac.uk/eb/>
- Van Riesen, S. A., Gijlers, H., Anjewierden, A. & de Jong, T. (2018). The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry context. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1327–1344.
- van Uum, M.S.J., Verhoeff, R.P. & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Xenofontos, N. A., Hovardas, T., Zacharia, Z. C. & de Jong, T. (2020). Inquiry-based learning and retrospective action: Problematizing student work in a computer-supported learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(1), 12–28.
- ΥΠΠΑΝ (2016). *Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό σχολείο: Μεθοδολογία*. Ανακτήθηκε Ιανουάριο 2021 από: <http://fysed.schools.ac.cy/index.php/el/fysikes-epistimes/analytiko-programma>
- ΥΠΠΑΝ (2017α). *Μάθημα Βιολογίας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός κατά τάξη*. Ανακτήθηκε Ιανουάριο 2021 από: <http://viom.schools.ac.cy/index.php/el/viologia/analytiko-programma>
- ΥΠΠΑΝ (2017β). *Μάθημα Φυσικής Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός κατά τάξη*. Ανακτήθηκε Ιανουάριο 2021 από: <http://fyskm.schools.ac.cy/index.php/el/fysiki/analytiko-programma>
- ΥΠΠΑΝ (2017γ). *Μάθημα Φυσικής Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Μεθοδολογία*. Ανακτήθηκε Ιανουάριο 2021 από: <http://fyskm.schools.ac.cy/index.php/el/fysiki/analytiko-programma>
- ΥΠΠΑΝ (2017δ). *Μάθημα Χημείας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός του Μαθήματος*. Ανακτήθηκε Ιανουάριο 2021 από: <http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/chimeia/analytiko-programma>
- ΥΠΠΑΝ (2020). *Μάθημα Χημείας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Δείκτες Επιτυχίας – Επάρκειας*. Ανακτήθηκε Ιανουάριο 2021 από: <http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/chimeia/analytiko-programma>

4 Experimente und ihr Einsatz beim Inquiry-based Learning

Susanne Rohrmann, Lisa Virtbauer, Armin Baur

Das Experiment ist eine bedeutende Erkenntnismethode der Naturwissenschaften. Anstelle von Inquiry- oder Untersuchungsmethoden wird im deutschsprachigen Raum in Bezug auf naturwissenschaftlichen Unterricht von Methoden des Erkenntnisgewinnes beziehungsweise von Erkenntnisgewinnungsmethoden oder Erkenntnismethoden gesprochen. Als Experimentieren bezeichnet man den Prozess der Planung und Durchführung eines Experiments sowie die anschließende Analyse der gewonnenen Daten. Weitere Erkenntnismethoden, die in den Naturwissenschaften angewendet werden, sind z. B. die Beobachtung natürlicher Vorgänge, die Erkundung, die Nutzung von Modellen und Simulationen zur Gewinnung von Erkenntnissen, die chemische Analyse und das Präparieren (Barzel et al., 2012; Bruckermann et al., 2017).

Auch im Unterricht gilt das Experimentieren als eine der wesentlichen, unverzichtbaren Methoden, um Naturphänomenen auf den Grund zu gehen und Wissen durch eigenaktives Lernen zu erwerben (z. B. Gropengießer et al., 2013). Deshalb sind Experimente eine unverzichtbare Facette von IBL im naturwissenschaftlichen Unterricht (Baur & Emden, 2020; Schwichow et al., 2016). Beim Experimentieren in Unterrichtssequenzen, die auf dem Lehr-Lern-Ansatz des IBL basieren, lernen Schülerinnen und Schüler nicht nur den wissenschaftlichen Inhalt (konzeptueller Wissensbereich). Sie üben und lernen auch die praktische Durchführung von Experimenten, indem sie mit Laborgeräten umgehen und Mess- und Analysemethoden kennenlernen, die sie zumindest teilweise anwenden (prozeduraler Wissensbereich). Dabei finden die Lernenden heraus, wie Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen forschen und Erkenntnisse gewinnen (epistemischer Wissensbereich). Oft werden Experimente im Unterricht in der Gruppe ausgeführt, was unter anderem zum Ausbau von Kooperationsfähigkeit führen soll (sozialer Wissensbereich) (van Uum et al., 2016).

Wenn Schülerinnen und Schüler die Rolle von Forschenden übernehmen, sollten sie den Forschungsprozess zunehmend selbstständig durchführen können. So werden die Lernenden bereits in der Schule dahin geführt, Methoden und Prozesse der naturwissenschaftlichen Forschung selbst anzuwenden, was ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts darstellt (Bybee, 2002; Capps & Crawford, 2013; Nerdel, 2017; siehe auch Tabelle 3.1). Dadurch, dass die Lernenden die natürliche Umwelt und ihre Phänomene erkunden, indem sie „Werkzeuge“, d. h. Methoden und Geräte benutzen, die auch in der Forschung

angewendet werden, entwickeln sie zunehmend ein Verständnis für die *Natur der Naturwissenschaften* (*Nature of Science, NOS*). NOS beschreibt, was Naturwissenschaften sind, wie in den Naturwissenschaften gearbeitet und geforscht wird, welche Eigenschaften naturwissenschaftliche Erklärungen haben, wie Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen als soziale Gruppe interagieren und wie die Gesellschaft wissenschaftliche Forschung zu bestimmten Themen einfordert und fördert, aber auch auf die Ergebnisse von Forschung reagiert (McComas, 2015).

Wie bereits erwähnt, gibt es neben dem Experimentieren weitere Erkenntnismethoden, die in den Naturwissenschaften breite Anwendung finden. Im vorliegenden Buch spielen sie eine untergeordnete Rolle, da wir den Schwerpunkt der Differenzierung beim IBL auf das Experimentieren legen. Wir haben diesen Schwerpunkt ausgewählt, weil Experimente eine herausragende Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht spielen, und zwar in allen naturwissenschaftlichen Fächern. Zudem ist es unser Anliegen, anstelle einer eher oberflächlichen Übersicht über mehrere Methoden exemplarisch eine Erkenntnismethode genau und vertieft in den Blick zu nehmen.

4.1 Was ist ein Experiment? Definition und Merkmale von Experimenten

Ein Experiment in den Naturwissenschaften ist eine Methode zur Untersuchung eines Naturphänomens. Auch in den Geisteswissenschaften werden Experimente durchgeführt, sie sind jedoch nicht Gegenstand dieses Buches. Der Terminus Untersuchung bezeichnet in der Naturwissenschaftsdidaktik einen Eingriff in ein System oder ein Objekt (Gropengießer & Kattmann, 2006). Experimente sind solche Untersuchungen, sie weisen jedoch einige spezielle Merkmale auf, die wir im Folgenden vorstellen:

Kausale Forschungsfrage: Ein Experiment ist die Methode der Wahl, wenn man kausale Forschungsfragen beantworten möchte. Eine solche Forschungsfrage fragt nach Wirkungen. In anderen Worten fragt sie nach den möglichen Wirkungen, die eine Variable auf eine andere Variable haben kann. In der folgenden Box (Beispiel 4.1) zeigen wir Beispiele für kausale und nicht-kausale Fragen. Auch nicht-kausale Fragen sind Gegenstand der Forschung; wenn sie untersucht werden, kommen Methoden wie die Natur- oder Verhaltensbeobachtung, die chemische Analyse oder das Sezieren bzw. Präparieren zum Einsatz.

Eine kausale Forschungsfrage kann qualitativ oder quantitativ ausgelegt sein. Ein Beispiel für eine qualitative Forschungsfrage lautet: „Welcher Faktor beeinflusst die Fotosynthese?“ Mit einer quantitativen Forschungsfrage möchte man herausfinden, wie die Ausprägung eines Phänomens von der Menge oder Intensität eines einwirkenden Faktors abhängt (Faktor ist beim Experimentieren

ein Synonym zum Begriff Variable). Hier ein Beispiel für eine quantitative Forschungsfrage: „Wie wirkt sich die Lichtintensität auf die Fotosyntheserate aus?“

Beispiel 4.1

Beispiele für kausale und nicht-kausale Forschungsfragen

Kausale Forschungsfragen:

- „Was verursacht Rost?“
- „Welcher Faktor beeinflusst die Fotosynthese?“
- „Welche Bedingungen benötigen Pflanzen für gutes Wachstum?“
- „Wie wirkt sich die Anzahl der Wicklungen einer Spule auf die Stärke des elektrischen Felds eines Elektromagneten aus?“

Nicht-kausale Forschungsfragen:

- „Welche Unterschiede gibt es zwischen Affen und Menschen?“
- „Welche Stoffe/Ionen enthält dieses Stoffgemisch?“
- „Welche der vorliegenden Stäbe aus unterschiedlichen Materialien leiten Wärme gut, welche leiten sie nicht so gut?“

Hypothese: Experimente sind gekennzeichnet durch die Bildung einer oder mehrerer Hypothesen (Pedaste et al., 2015). Für Schülerinnen und Schüler ist es zunächst einfacher, nur eine Hypothese und nicht mehrere Hypothesen gleichzeitig zu überprüfen. Eine Hypothese ist eine begründete Vermutung über den Ausgang bzw. das Ergebnis des Experiments. Sie stellt eine mögliche Antwort der Forschungsfrage dar und basiert auf Theoriewissen oder auf vorhergehenden Experimenten. Meist werden Hypothesen in kausalen Beziehungen und Bedingungen formuliert: wenn... dann..., ... führt zu ..., ... beeinflusst Gelegentlich ist keine Hypothesenbildung möglich, weil zum untersuchten Thema noch keine Forschungsergebnisse bzw. Vorkenntnisse bei den Schülerinnen und Schülern vorhanden oder bekannt sind, die man zur Hypothesenbildung heranziehen könnte. In diesem Fall kann zunächst eine Erkundung durchgeführt werden (siehe Exploration im IBL-Kreislauf, Abb. 3.3), um Variablen zu finden, die man für die Hypothesenbildung nutzen kann. Eine Hypothese kann qualitativ oder quantitativ sowie gerichtet oder ungerichtet sein (siehe Beispiel 4.2).

Variablenkontrollstrategie: Bevor man mit dem praktischen Teil eines Experiments beginnt, muss geklärt werden, welche Faktoren gemessen werden sollen. Die Experimentierenden haben zunächst die Aufgabe, die abhängige und die unabhängige Variable bzw. unabhängige Variablen zu identifizieren. Die abhängige Variable wird auch als Messvariable bezeichnet, das bedeutet, dass die Aus-

Arten von Hypothesen

Beispiel aus der Biologie: Die folgende Forschungsfrage soll untersucht werden:
„Welche(r) Faktor(en) beeinflusst (beeinflussen) die Fotosynthese?“

Mögliche Hypothesen sind:

Qualitative Hypothese: „Licht ist ein notwendiger Faktor für die Fotosynthese.“

Quantitative Hypothese → **gerichtete Hypothese:** „Eine hohe Lichtintensität führt zu einer hohen Fotosyntheserate.“
→ **ungerichtete Hypothese:** „Die Lichtintensität beeinflusst die Fotosyntheserate.“

Beispiel aus der Physik: Die folgende Forschungsfrage soll untersucht werden:
„Wie wirken sich die Komponenten einer Spule auf die Stärke des magnetischen Felds eines Elektromagneten aus?“

Mögliche Hypothesen sind:

Qualitative Hypothese: „Ein Eisenkern in der Spule verstärkt das Magnetfeld.“

Quantitative Hypothese → **gerichtete Hypothese:** „Je mehr Wicklungen auf der Spule, desto stärker ist das magnetische Feld.“
→ **ungerichtete Hypothese:** „Die Anzahl der Wicklungen beeinflusst die Stärke des magnetischen Feldes.“

Beispiel aus der Chemie: Die folgende Forschungsfrage soll untersucht werden:
„Wie kann man die Gasentwicklung in einer Mineralwasserflasche beschleunigen?“

Mögliche Hypothesen sind:

Qualitative Hypothese: „Die Zugabe von Zucker hat einen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Gasentwicklung im Mineralwasser.“

Quantitative Hypothese → **gerichtete Hypothese:** „Je höher die Umgebungstemperatur, desto stärker die Gasentwicklung im Mineralwasser.“
→ **ungerichtete Hypothese:** „Die Umgebungstemperatur beeinflusst die Stärke der Gasentwicklung.“

wirkungen einer oder mehrerer Variablen auf diese Variable gemessen werden (Mess-Ergebnis). Die unabhängige Variable ist der Faktor, der in Einklang mit der jeweiligen Hypothese systematisch variiert wird. Die unabhängige Variable ist die Ursache für Veränderungen der abhängigen Variable (Kausalität). Meistens gibt es mehrere unabhängige Variablen, die die abhängige Variable beeinflussen könnten. Es ist also wichtig und entscheidend, dass nicht mehrere Variablen gleichzeitig verändert werden, denn dann ist keine eindeutige kausale Schlussfolgerung mehr möglich (Chen & Klahr, 1999). In Studien wurde beobachtet, dass Schülerinnen und Schüler dahin tendieren, mehr als eine Variable gleichzeitig zu verändern, und sie in diesem Fall keine eindeutigen Schlussfolgerungen ziehen können (Glaser et al., 1992). Variablen bzw. Faktoren, die nicht in der Hypothese genannt sind, müssen kontrolliert werden, d. h. es ist dafür zu sorgen, dass diese Faktoren während des Experiments entweder eliminiert werden oder unverändert (konstant) bleiben.

Test- und Kontrollansätze: Ein Experiment besteht aus nicht nur einem, sondern mehreren Ansätzen, die zur experimentellen Kontrolle durchgeführt werden (Hammann et al., 2008). Bei einem qualitativen Experiment (Forschungsfrage und Hypothese sind qualitativ) müssen ein Test- und Kontrollansatz berücksichtigt und eingeplant werden. In der Literatur findet man keine eindeutige Definition für die Frage, welcher der beiden Ansätze als Testansatz und welcher als Kontrollansatz bezeichnet wird. Beide gehören jedoch unbestritten zu einem Experiment (Erklärung folgt weiter unten). Wir wenden hier die folgende Arbeitsdefinition an: Der Kontrollansatz ist derjenige Ansatz, in dem die natürliche Situation abgebildet ist, in der das Phänomen auftritt, das untersucht werden soll. Er dient dazu, zu zeigen, ob das Phänomen bzw. die natürliche Situation (die die Basis/Grundlage für die Forschungsfrage bildet) unter Versuchsbedingungen reproduziert werden kann. Im Testansatz und nur hier wird die unabhängige Variable variiert (siehe Abbildung 4.1a und 4.2a). Diese Variation, also das Entfernen oder Hinzufügen eines Faktors bzw. die Veränderung des Wertes der unabhängigen Variable (Erhöhung oder Erniedrigung) wird durchgeführt, um den möglichen Einfluss auf die abhängige Variable zu testen. Alle übrigen Faktoren (Variablen), die nicht untersucht werden, werden nicht verändert oder eliminiert (siehe Variablenkontrollstrategie). Nach der Durchführung und Auswertung des Experiments müssen alle Ansätze – Test- und Kontrollansatz – verglichen werden. Wenn das untersuchte Phänomen im Kontrollansatz auftritt, nicht aber im Testansatz, dann hat die unabhängige Variable einen Einfluss auf das Phänomen (siehe Abbildung 4.1b und 4.2b). Wenn man mehr als eine unabhängige Variable untersucht, sind mehrere Testansätze notwendig (siehe Abbildung 4.3).

Wenn man ein quantitatives Experiment durchführt (Forschungsfrage oder/ und Hypothese sind quantitativ), gibt es keinen klar definierten Kontrollansatz,

Abb. 4.1a: Test- und Kontrollansatz



Abb. 4.1b: Ergebnis des Experiments

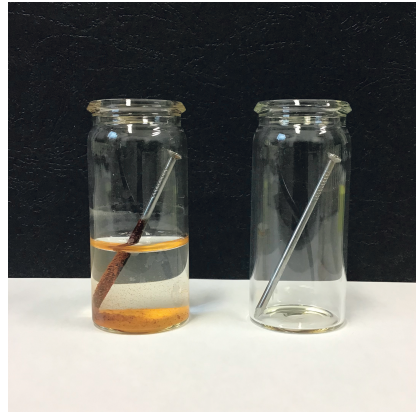


Abb. 4.2a: Test- und Kontrollansatz



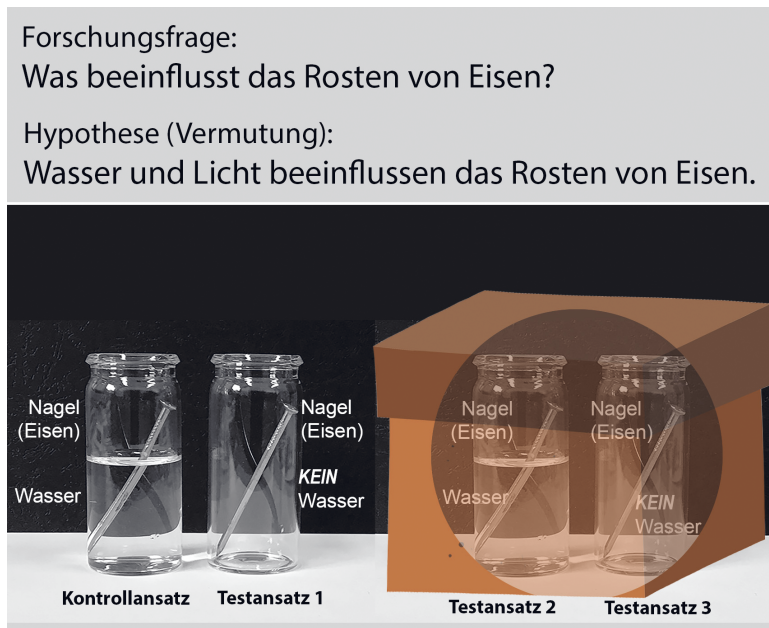
Abb. 4.2b: Ergebnis des Experiments



sondern mehrere Testansätze (siehe Abbildung 4.4 und 4.5). Die unabhängige Variable wird in diesem Fall schrittweise variiert, sie tritt in jedem Testansatz mit einem anderen Wert auf. Alle anderen Variablen werden auch hier möglichst konstant gehalten (siehe Variablenkontrollstrategie). Man spricht hier dann auch von einer Messreihe.

Qualitätskriterien: Für Experimente in der naturwissenschaftlichen Forschung gelten 3 Qualitätskriterien: Objektivität, Reliabilität und Validität (Döring &

Abb. 4.3: Experiment mit zwei unabhängigen Variablen: ein Kontrollansatz und drei Testansätze



Bortz, 2016). Diese Kriterien sollten so weit wie möglich auch beim Experimentieren im Unterricht thematisiert und berücksichtigt werden.

Objektivität bedeutet, dass die Ergebnisse eines Experiments unabhängig sein müssen von der Person, die das Experiment durchführt. Subjektive Gefühle, Vorurteile oder Voreingenommenheit dürfen die Ergebnisse eines Experiments nicht beeinflussen.

Reliabilität steht für verlässliche und glaubwürdige Ergebnisse. Eine entscheidende Komponente von Reliabilität ist Reproduzierbarkeit; das bedeutet, dass Wiederholungen des Experiments jeweils (nahezu) vergleichbare Resultate erzielen sollten, auch wenn verschiedene Personen das Experiment durchführen. Das erfordert die Kontrolle (Konstanthalten oder Eliminieren) aller Variablen, die möglicherweise einen Einfluss auf den Ausgang des Experiments haben könnten. Nur die unabhängige Variable wird verändert. Eine weitere Komponente der Reliabilität ist die Messgenauigkeit; sie wird durch die korrekte Verwendung geeigneter Messgeräte und Messmethoden sichergestellt.

Alle gewonnenen Daten müssen valide sein. Validität bedeutet, dass man dafür sorgt, genau das zu messen, was man auch messen möchte. Damit beinhaltet Validität das Formulieren präziser Fragestellungen und Hypothesen sowie die Durchführung einer ausreichenden Zahl von Wiederholungen des Experiments.

Abb. 4.4: Beispiel für ein quantitatives Experiment mit drei Testansätzen, bei denen die Flächengröße schrittweise variiert wird

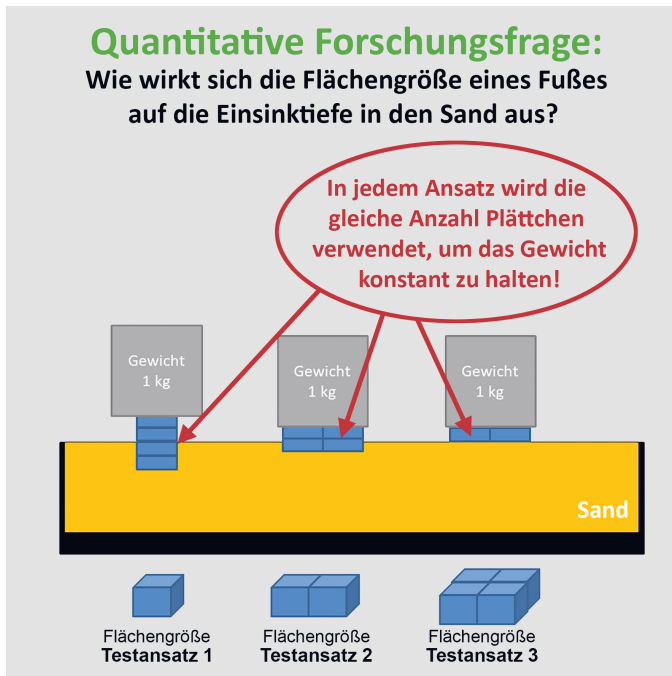


Abb. 4.5: Beispiel für ein quantitatives Experiment aus dem Physikunterricht

Quantitative Forschungsfrage:
 Wie wirkt sich die Länge der Wicklung (als Anzahl der Windungen) auf die Stärke des Elektromagneten aus?

Bei jedem Testansatz werden das gleiche Eisenstück und die gleiche Batterie verwendet, um den Elektromagneten konstant zu halten.

25 Win- dun- gen	20 Win- dun- gen	15 Win- dun- gen
Spule 1: 15 Windungen Angezogene Büroklammern: 1	Spule 2: 20 Windungen Angezogene Büroklammern: 3	Spule 3: 25 Windungen Angezogene Büroklammern: 7

Charakteristika eines Experiments

Kausale Forschungsfrage: Die Forschungsfrage beinhaltet die Frage nach Ursachen für Wirkungen.

Variablenkontrolle: Alle Variablen, die nicht untersucht werden, müssen konstant gehalten werden.

Hypothese: Vor der Planung des Experiments muss eine Hypothese formuliert werden.

Test-, Kontrollansätze: Mehrere Ansätze sind nötig, um die experimentelle Kontrolle sicherzustellen.

Qualitätskriterien: Objektivität, Reliabilität und Validität sind unverzichtbare Qualitätskriterien für Experimente.
Reproduzierbarkeit: Ergebnisse müssen reproduzierbar sein.

4.2 Einsatz von Experimenten beim Inquiry-based Learning

In der Literatur zur Didaktik und Methodik in der naturwissenschaftlichen Bildung gibt es unterschiedliche Vorstellungen zum Konzept des Experiments und des Experimentierens im Unterricht (z. B. Barzel et al., 2012; Urhahne et al., 2008). Wir orientieren uns in diesem Buch am IBL und am IBL-Kreislauf in Kapitel 3. Dort zeigt die Abbildung 3.3 die Phasen des Kreislaufs in der Übersicht. In Tabelle 4.1 erläutern wir diese Phasen ausführlich anhand eines Beispiels aus der Biologie. Dabei geht es um die Frage, welche Faktoren die Fotosynthese der grünen Pflanzen beeinflussen. Der Aufbau des Experiments ist in Abbildung 4.6 dargestellt.

Abb. 4.6: (1): Versuchsaufbau zur Untersuchung der Sauerstoffbildung bei der Fotosynthese; (2): Experiment zur Fotosynthese (Bild 2 aus: Baur et al., 2017, S. 6; Bild verändert)

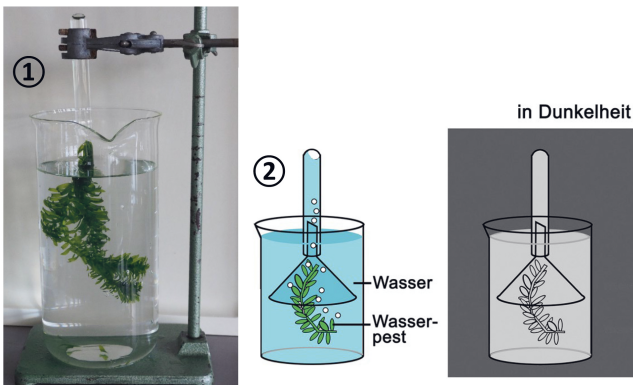


Tabelle 4.1: Phasen des Experimentierens

Phase	Erläuterung	Beispiel: Fotosynthese
1. Phase: Orientierung	Den Schülerinnen und Schülern wird ein Phänomen präsentiert, sie werden an ein „Problem“ herangeführt.	Die Kanadische Wasserpest (<i>Elodea canadensis</i>) lebt als Unterwasserpflanze in Süßwasser. Während der Fotosynthese bildet sie kleine Gasbläschen (Sauerstoff). Diese Gasbildung kann genutzt werden, um im Unterricht die Fotosynthese zu untersuchen. Das Phänomen „Eine grüne Süßwasserpflanze bildet Gasbläschen“ wird vorgestellt.
2. Phase: Konzeptualisierung	<p>Unterphase Fragestellung Aufgabe der Schülerinnen und Schüler ist es, kausale Fragestellungen bezüglich des Phänomens (des Problems) zu formulieren, die mithilfe eines Experiments beantwortet werden können (je nach Leistungsstand der Lernenden unterstützt durch Lehrkraft).</p> <p>Unterphase Hypothesengenerierung (Hypothesenbildung) Die Hypothese wird aus der Frage oder dem Problem abgeleitet; sie basiert auf Vorwissen, Alltagserfahrungen und Präkonzepten der Lernenden. Sie wird als Vorhersage zu Ursache und Wirkung formuliert. Die Schülerinnen und Schüler sollen begründete Vermutungen anstellen, indem sie Gründe für ihre Prognosen angeben.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler stellen Fragen wie z. B. „Welcher Faktor ist Voraussetzung für die Gasbildung?“, „Welche Faktoren beeinflussen die Menge des Gases, das gebildet wird?“</p> <p>Nun formulieren die Schülerinnen und Schüler Hypothesen, z. B.: „Wir vermuten, dass Licht eine Voraussetzung für die Gasbildung ist.“</p>
3. Phase: Untersuchung	<p>Unterphase: Experimentieren Die Lernenden planen das experimentelle Design, d. h. sie planen Test- und Kontrollansätze und den Zeitplan. In dieser Phase ist es entscheidend, dass die Variablenkontrollstrategie genau beachtet wird. Die Schülerinnen und Schüler sollten immer nur eine Variable in einem Versuchsdurchgang variieren und alle anderen Faktoren kontrollieren, d. h. konstant halten oder eliminieren. Ein Kontrollansatz muss eingeplant und durchgeführt werden. Falls unter Schulbedingungen möglich, sollten zumindest einige Wiederholungen des Experiments durchgeführt werden.</p>	<p>Hier sind 2 Ansätze notwendig (Abb. 4.6): 2 Sprossstücke der Wasserpest, 2 hohe Bechergläser, 2 Reagenzgläser (Rg), 2 Glas-Trichter, Leitungswasser. Die Bechergläser werden mit Leitungswasser gefüllt, je ein frisch abgeschnittenes Sprossstück wird mit der Schnittfläche des Stängels nach oben in je ein Becherglas gegeben, der Trichter wird über der Pflanze platziert, sodass möglichst viele Gasbläschen aufgefangen werden. Die Rg werden vollständig mit Wasser gefüllt, dann stülpt man sie über das Trichterende, ohne dabei Wasser zu verlieren. Gasbläschen steigen im Rg nach oben und sammeln sich in seinem oberen Ende. 1. Ein Ansatz wird im hellen Tageslicht aufgestellt. 2. Ein Ansatz wird im vollständiger Dunkelheit aufgestellt.</p> <p>Nach einiger Zeit wird die Menge des gebildeten Gases (Sauerstoff) gemessen, indem man die Ausdehnung der aufgefangenen Gasbläschen in der Spitze des Rg in mm des verdängten Wassers misst. Im Licht ist Gasbildung zu beobachten, in der Dunkelheit entsteht kein Gas.</p>
4. Phase: Schlussfolgerung	<p>Unterphase: Dateninterpretation (Beobachtung mit Interpretation des Trends der Daten) Die Daten werden gesammelt, ggf. aufbereitet und in Form von Tabellen, Grafiken, Diagrammen etc. dargestellt. Zusätzlich sollten die Ergebnisse in Textform im Protokoll festgehalten werden.</p> <p>In dieser letzten Phase des Experimentierens bzw. des IBL vergleichen die Lernenden ihre Ergebnisse mit ihren jeweiligen Fragestellungen und Hypothesen, die sie anfangs formuliert hatten. Sie stellen fest, ob die Hypothesen verifiziert oder falsifiziert werden konnten. Im letzteren Fall muss die Hypothese modifiziert werden und das Experiment musste nun wiederholt werden.</p>	<p>Die Lernenden vergleichen die Gasbildung im Licht und bei Dunkelheit. Die Schlussfolgerung lautet nun: „Die Wasserpest bildet nur bei Belichtung ein Gas, also findet die Fotosynthese als Quelle der Sauerstoffproduktion nur statt, wenn der Faktor Licht (hier Tageslicht) vorhanden ist.“ Die Hypothese „Wir vermuten, dass Licht eine Voraussetzung für die Gasbildung ist.“ konnte damit bestätigt werden.</p>

Wenn man die Ergebnisse eines Experiments mit der Fragestellung und Hypothese in Beziehung setzt, entsteht ein Kreislauf. Dieser Kreislauf kann auch mehrfach durchlaufen werden, z. B. wenn die Hypothese modifiziert werden muss und ein entsprechend modifiziertes Experiment durchgeführt wird. Außerdem können eine oder mehrere Erkundungsphasen (Exploration) vorab durchgeführt werden. In diesen Erkundungsphasen gewinnen die Schülerinnen und Schüler z. B. durch Untersuchungen oder Recherchen zusätzliches Wissen bezüglich des Phänomens. Das kann eine notwendige Voraussetzung dafür sein, dass passende Hypothesen formuliert werden können.

4.3 Beobachtbare Fehler und Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren

Die Diagnose der Leistung der Schülerinnen und Schüler kann zum einen mit Blick auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler (Was können die Lernenden?) erfolgen, zum anderen kann aber auch der Blick auf die Fehler und Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler (Was können die Lernenden nicht?) gerichtet werden (Baur, 2015). Fehler dürfen hierbei nicht als Mangel oder Defizit gesehen werden, sondern als Lernchance (Metcalf, 2017; Schumacher, 2008). Es gibt viele Forschungsarbeiten, die sich mit der Identifikation von Fehlern und Schwierigkeiten beim Experimentieren auseinandersetzen. Einige der zentralen Ergebnisse werden nachfolgend, gegliedert nach den Unterphasen des Experimentierens (siehe IBL-Kreislauf Kapitel 3 S. 43 bzw. Kapitel 4 S. 69), dargestellt. Zur Erklärung von Ursachen und der Ableitung von Handlungen im Unterricht bezüglich der identifizierten Fehler und Schwierigkeiten gibt es bisher noch wenig wissenschaftliche Arbeiten und daher können in diesem Buch nur Empfehlungen basierend auf Interpretationen und auf Erfahrungswissen angeboten werden.

4.3.1 Unterphase Fragestellung

Bisher gibt es noch wenige empirische Ergebnisse zu Fehlern und Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern, die beim Aufstellen von Fragestellungen zum Experimentieren auftreten. Eines der zentralen Ergebnisse ist aber, dass Schülerinnen und Schüler anstelle von kausalen Fragen, die für das Experimentieren geeignet sind (siehe Beispiel 4.1), häufig inhaltliche Fragen formulieren (Neber & Anton, 2008; Hofstein et al., 2005; Cuccio-Schirripa & Steiner, 2000). Ursachen dafür könnten falsche Vorstellungen (Präkonzepte) über die inhaltliche Ausrichtung und den Aufbau von naturwissenschaftlichen Fragestellungen sein. Für den Unterricht erscheint es daher wichtig, mit Schülerinnen und Schülern

zu behandeln, was eine naturwissenschaftliche Fragestellung ausmacht, welche Typen von Fragestellungen es gibt (inhaltliche Fragen, Kausalfragen, vergleichende Fragen – siehe hierzu: Dillon, 1984) und welcher Fragentypus zu welcher Untersuchungsmethode führt. Zudem ist das Formulieren und Aufstellen von Forschungsfragen zu üben. Werden bei der formativen Diagnose (siehe Kapitel 5) Fehler und Schwierigkeiten in dieser Unterphase deutlich, müssen unter Umständen unter Verwendung von Scaffolding Möglichkeiten zur Differenzierung geboten werden. Auch erweiterte Übungsmöglichkeiten zur Formulierung von Forschungsfragen können hilfreich sein.

4.3.2 Unterphase Hypothesengenerierung

Zu den Fähigkeiten, Schwierigkeiten und Fehlern von Schülerinnen und Schülern bei der Hypothesenbildung gibt es viele Forschungsarbeiten. Zentrale Ergebnisse dieser Arbeiten sind:

- Viele Schülerinnen und Schüler arbeiten beim Experimentieren ohne Hypothesen (Zhai et al., 2013; Millar & Lubben, 1996; Dunbar & Klahr, 1989).
- Aus der Perspektive vieler Schülerinnen und Schüler besteht der Zweck eines Experiments darin, einen Effekt zu erzielen (Hammann et al., 2006; Schauble et al., 1991). Dies wird dann oft von den Lernenden entsprechend in der Hypothese formuliert (Beispiel einer solchen Hypothese: Ich vermute, dass der Stopfen, der auf dem Reagenzglas steckt, explosionsartig abspringt.).
- Oft gehen Schülerinnen und Schüler nur von einem positiven Zusammenhang (je mehr, desto mehr) zwischen der unabhängigen und der abhängigen Variablen aus. Negative Zusammenhänge (je mehr, desto weniger) werden selten als Hypothese formuliert (Kanari & Millar, 2004).
- Schülerinnen und Schüler stellen Hypothesen nur auf, wenn sie diese für glaubhaft halten (Hammann et al., 2006; Klahr et al., 1993).
- Etliche Schülerinnen und Schüler verändern ihre Hypothesen im Prozess, ohne dass die Hypothesen bereits geprüft sind (Baur, 2021).

Die Ursachen für diese Schwierigkeiten und Fehler beim Generieren von Hypothesen könnten falsche Vorstellungen (Präkonzepte) über die Funktion und den Aufbau von Hypothesen sein. Möglicherweise ist den Schülerinnen und Schülern auch die grundlegende Bedeutung einer Hypothese im Untersuchungsprozess nicht deutlich (ohne Hypothese kann das experimentelle Setting nicht geplant werden, da unklar ist, welche Variablen variiert werden und welche konstant zu halten sind). Als Ursache für das häufige Formulieren von positiven Zusammenhängen führen die Autoren der Studie (Kanari & Millar, 2004) den Überhang von Beispielen mit positiven Zusammenhängen in Schulbüchern und im Unterricht

an. Wichtig erscheint es daher, mit den Schülerinnen und Schülern im Unterricht – ähnlich wie bei der Fragestellung – zu thematisieren, was eine Hypothese (Vermutung) ist, welche Bedeutung sie hat und wie sie mit der Fragestellung (Hypothese ist eine mögliche Antwort auf die Frage) und dem Experimentier-setting zusammenhängt. Genauso wie in der Unterphase *Fragestellung* müssen, wenn bei der formativen Diagnose Fehler und Schwierigkeiten in dieser Unterphase deutlich werden, differenzierte Übungsangebote und Scaffolds bereitgestellt werden.

4.3.3 Unterphase Experimentieren

Die Fehler und Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler beim Planen und Durchführen von Experimenten sind vielgestaltig. Nachfolgend werden Ergebnisse hierzu dargestellt:

- Viele Schülerinnen und Schüler planen Experimente, die nur einen einzigen Ansatz beinhalten (siehe oben bei 4.1: Test- und Kontrollansätze), sie können daher den Einfluss der unabhängigen Variable(n) nicht ermitteln (Hammann et al., 2008; Hammann et al., 2006). Während einige Schülerinnen und Schüler keinen Kontrollansatz einbeziehen (Germann et al., 1996), beziehen andere keinen Testansatz ein, in dem die unabhängige Variable variiert wird (Chen & Klahr, 1999).
- Sehr oft missachten die Schülerinnen und Schüler die Variablenkontrollstrategie (Siler & Klahr, 2012; Hammann et al., 2006; Kuhn & Dean, 2005; Schauble et al., 1991).
- Einige der Schülerinnen und Schüler vergessen es, notwendige Variablen (z. B. Hefe bei Hefeeexperimenten) zu berücksichtigen (Baur, 2021).
- Etliche der Schülerinnen und Schüler variieren Laborgeräte bei Ansätzen (Test- und Kontrollansätze), die zu einem Setting gehören (Baur, 2021) und schaffen so unterschiedliche Bedingungen in den Ansätzen, was sie unter Umständen nicht mehr vergleichbar macht – z. B.: Bei Experimenten zur Hefegärung, in denen die Gasentwicklung mithilfe des Absprengens eines Stopfens gemessen wird, wäre es falsch, im Kontrollansatz und im Testansatz Erlenmeyerkolben mit unterschiedlichen Volumen zu verwenden.
- Oft beachten Schülerinnen und Schüler nicht, dass die Mengen von Stoffen kontrolliert werden müssen (Baur, 2018) – z. B. bei Experimenten mit Hefe gleiche Mengen von Hefe beim Test- und Kontrollansatz.
- Häufig möchten die Schülerinnen und Schüler mehrere Variablen gleichzeitigen untersuchen und müssten ein mehrfaktorielles Experiment aufbauen, was sie beim Ziehen einer Schlussfolgerung und beim Aufbau des Experimentiersettings überfordert (Glaser et al., 1992).

- In vielen Fällen probieren die Schülerinnen und Schüler einfach nur Dinge aus, ohne streng wissenschaftlich zu arbeiten (Meier & Mayer, 2012; Wahser & Sumfleth, 2008; Hammann et al., 2008).
- Schülerinnen und Schüler wiederholen ihre Messungen selten, es fehlen daher mittelnde Messwiederholungen (Lubben & Millar, 1996).
- Einige der Schülerinnen und Schüler haben Schwierigkeiten beim Verwenden von (einfachen) Messgeräten und Laborgeräten (Kechel, 2016).

Ursachen für diese Fehler und Schwierigkeiten können in einem unzureichend aufgebauten Verständnis der Variablenkontrollstrategie und der Notwendigkeit von Kontroll- und Testansätzen sein. Die Variablenkontrollstrategie beinhaltet auch die Nutzung gleicher Laborgeräte und die Beachtung der Mengen im Test- und Kontrollansatz. Auch ist das Konzept der Mittelung von Messergebnissen zur Verringerung von Messfehlern bei Schülerinnen und Schülern nicht per se (ohne Erklärungen hierzu) ausgeprägt. Der Umgang mit Messwerkzeugen und Laborgeräten bedarf gewisser Übung. Wichtig erscheint es daher, dass mit Schülerinnen und Schülern im Unterricht die Variablenkontrollstrategie, die Bedeutung von Kontroll- und Testansätzen und die Bedeutung von Messwiederholungen besprochen werden. Der Umgang mit Labor- und Messgeräten muss immer wieder geübt werden. Die Lehrkraft sollte den Schülerinnen und Schülern empfehlen, immer nur eine Variable zu variieren und mehrfaktorielle Experimente zu vermeiden. Wie bereits bei den vorigen Teilphasen erwähnt, müssen, wenn bei der formativen Diagnose Fehler und Schwierigkeiten in dieser Unterphase deutlich werden, über Differenzierung und Scaffolding Möglichkeiten zur Anpassung von Konzepten oder weitere Übungen erfolgen.

4.3.4 Unterphase Dateninterpretation

Die Fehler der Dateninterpretation hängen oft mit den inhaltlichen Präkonzepten der Schülerinnen und Schüler zusammen:

- Passen die in einem Experiment ermittelten Daten nicht mit den von den Schülerinnen und Schülern erwarteten Daten überein, vermuten die Lernenden oft einen Fehler in ihrem Experiment (Ludwig et al., 2019; Wahser & Sumfleth, 2008; Chinn & Brewer, 1998).
- Viele Schülerinnen und Schüler ignorieren Daten, die nicht zu ihren Vorstellungen passen (Chinn & Brewer, 1993; Schauble et al., 1991; Watson & Koniczek, 1990; Kuhn, 1989; Gauld, 1986).
- Etliche Schülerinnen und Schüler neigen wie viele Erwachsene dazu, ihre Hypothesen beizubehalten und diese zu bestätigen (Chinn & Brewer, 1993; Klayman & Ha, 1989; Wason, 1960).

Es gibt aber auch methodische Fehler der Lernenden:

- Bei wiederholten Messungen wählen die Schülerinnen und Schüler oft den ersten oder letzten Messwert oder einen Wert, der zwischen der höchsten und der niedrigsten Messung liegt und berechnen nicht das notwendige arithmetische Mittel (Kanari & Millar, 2004; Masnick & Klahr, 2003; Lubben & Millar, 1996).
- Schülerinnen und Schüler vertauschen bzw. verwechseln häufig die Beobachtung mit dem Ergebnis (Boaventura et al., 2013).

Für den Unterricht ergibt sich daher die Notwendigkeit, mit den Schülerinnen und Schülern über die objektive Betrachtung von Daten zu sprechen. Auch sollten die Schülerinnen und Schüler aufgeklärt werden, dass manchmal andere, „nicht erwartete“ Ergebnisse auftreten können. Möglicherweise ist auch zielführend, bei den Schülerinnen und Schülern ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass auch widerlegte Hypothesen im Untersuchungsprozess wichtige Ergebnisse liefern und daher nicht „falsch“ sind. Der Unterschied zwischen Beobachtung und Ergebnis muss besprochen und geübt werden. Die Bedeutung von Messwiederholungen und die Verwendung des Mittelwertes sollte besprochen werden. Auch bei dieser Unterphase ist es notwendig, wenn bei der formativen Diagnose Fehler und Schwierigkeiten deutlich werden, Differenzierungsmaßnahmen zu setzen, Scaffolds bereitzustellen und weitere Übungen anzubieten.

Zusammenfassung

Experimente als eine bedeutende Erkenntnismethode spielen eine wichtige Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht. Sie sind charakterisiert durch eine kausale Forschungsfrage, Hypothesenbildung, Planung und Durchführung des Experiments unter kontrollierten Bedingungen (Test- und Kontrollansätze, Variablenkontrollstrategie) und Interpretation der gewonnenen Daten. Abschließend wird das Ergebnis des Experiments mit der Hypothese verglichen; so wird festgestellt, ob die Daten die Hypothese stützen oder ob die Hypothese falsifiziert werden konnte. Selbstverständlich finden die Qualitätskriterien wissenschaftlicher Arbeit, Objektivität, Reliabilität und Validität, auch Anwendung bei Experimenten im Unterricht.

Es erscheint sehr hilfreich, wenn man die Kenntnisse über Schwierigkeiten und Fehlern von Schülerinnen und Schülern zur Planung und Gestaltung von Unterricht nutzt. Hierdurch kann man mögliche Präkonzepte der Lernenden verändern bzw. fehlendem Wissen entgegenwirken und zielgerichtete Thematisierungen und Übungen im Unterricht anbieten.

Literatur

- Barzel, B., Reinhoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 103–128), Waxmann.
- Baur, A. & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Baur, A. (2015). Inwieweit eignen sich bisherige Diagnoseverfahren des Bereichs Experimentieren für die Schulpraxis?. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 19(1), 25–36.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren: Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 115–129.
- Baur, A. (2021). Errors made by 5th-, 6th-, and 9th-graders when planning and performing experiments: Results of video-based comparisons. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 25, 45–63. doi: 10.11576/zdb-3576
- Baur, A., Ehrenfeld, U. & Hummel, E. (2017). *Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Biologie*. Persen.
- Boaventura, D., Faria, C., Chagas, I. & Galvão, C. (2013). Promoting science outdoor activities for elementary school children: Contributions from a research laboratory. *International Journal of Science Education*, 35(5), 796–814.
- Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K. & Schlüter, K. (2017). Forschendes Lernen in der Biologie. In T. Bruckermann & K. Schlüter (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie* (S. 11–26), Springer.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Kobbala & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Capps, D. K. & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening? *Journal of Science Teacher Education Volume* 24(3).
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098–1120.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1–49.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623–654.
- Cuccio-Schirripa, S. & Steiner, H. E. (2000). Enhancement and analysis of science question level for middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 210–224.
- Dillon, J. T. (1984). The classification of research questions. *Review of Educational Research*, 54(3), 327–361.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer.
- Dunbar, K. & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery processes. In D. Klahr (Hrsg.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (S. 109–143). Lawrence Erlbaum.
- Gauld, C. (1986). Models, meters and memory. *Research in Science Education*, (16), 49–54.
- Germann, P. J., Aram, R. & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79–99.

- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K. & Zeitz, C. (1992). Scientific Reasoning across different domains. In E. de Corte, M. C. Linn, H. Mandl & L. Verschaffel (Hrsg.), *Computer-based learning environments and problem solving* (S. 345–371). Springer-Verlag.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2006). *Fachdidaktik Biologie* (7. Aufl.). Aulis Verlag Deubner.
- Gropengießer, H., Harms, U. & Kattmann, U. (2013). *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl.). Aulis Verlag Deubner.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der Mathematische Und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292–299.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66–72.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806.
- Kanari, Z. & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748–769.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren: Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Logos.
- Klahr, D., Fay, A. L. & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 25, 111–146.
- Klayman, J. & Ha, Y.-W. (1989). Hypothesis testing in rule discovery: Strategy, structure, and content. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(4), 596–604.
- Kuhn, D. & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16(11), 866–870.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674–689.
- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968.
- Ludwig, T., Priemer, B. & Lewalter, D. (2019). Assessing secondary school students' justifications for supporting or rejecting a scientific hypothesis in the physics lab. *Research in Science Education* [published online 01 June 2019].
- Masnick, A. M. & Klahr, D. (2003). Error matters: An initial exploration of elementary school children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development*, 4(1), 67–98.
- McComas, W. (2015). The nature of science & the next generation of biology education. *The American Biology Teacher*, 77(7), 485–491. doi:10.1525/abt.2015.77.7.2
- Meier, M. & Mayer, M. (2012). Experimentierkompetenz praktisch erfassen: Entwicklung und Validierung eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. In U. Harms & F. X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 81–98). Studien Verlag.
- Metcalfe, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, 68, 465–489.
- Millar, R. & Lubben, F. (1996). Investigative work in science: The role of prior expectations and evidence in shaping conclusions. *Educational Research*, 13(3), 28–34.
- Neber, H. & Anton, M. A. (2008). Förderung präexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht [Fostering of pre-experimental epistemic activities in chemistry lessons]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(2), 143–150.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Spektrum.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.

- Schauble, L., Klopfer, L.E. & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 859–882.
- Schumacher, R. (2008). Der produktive Umgang mit Fehlern. Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Hrsg.), *Nur wer Fehler macht, kommt weiter: Wege zu einer neuen Lernkultur* (S. 49–72). Herder.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63.
- Siler, S.A. & Klahr, D. (2012). Detecting, classifying, and remediating: Children's explicit and implicit misconceptions about experimental design. In R.W. Proctor & E.J. Capaldi (Hrsg.), *Psychology of Science* (S. 137–180). Oxford University Press.
- Urhahne, D., Krämer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71–93.
- van Uum, M.S.J., Verhoeff, R.P. & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Wason, P.C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(3), 129–140.
- Watson, B. & Konicek, R. (1990). Teaching for conceptual change: Confronting children's experience. *Phi Delta Kappan*, 680–684.
- Zhai, J., Jocz, J.A. & Tan, A.-L. (2013). „Am I Like a Scientist?": Primary children's images of doing science in school. *International Journal of Science Education*, 36(4), 553–576.

5 Kompetenzdiagnose beim Inquiry-based Learning

Antti Lehtinen, Iris Schiffel, Pasi Nieminen,
Natalie Baumgartner-Hirscher

5.1 Kompetenzdiagnose als Grundlage für Differenzierung

Damit Lehrkräfte ihren Unterricht differenziert an die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler anpassen können, ist es nötig, diese Bedürfnisse zuerst zu erheben. Als Grundlage der Leistungsdifferenzierung ist es demnach nötig, den Kompetenz- bzw. Leistungsstand der einzelnen Schülerinnen und Schüler zu erfassen und über ihre Lernmöglichkeiten, aber auch Lernschwierigkeiten Bescheid zu wissen. Dabei stehen Lehrpersonen verschiedene Methoden zur Verfügung, um die Leistungen und Lernwege der Schülerinnen und Schüler entsprechend den unterschiedlichen Situationen und Zielen zu erheben. Das Wissen über die vorhandenen Kompetenzen kann zur Bewertung der Lernergebnisse und zur Förderung der Lernprozesse verwendet werden (Black & William, 2018). Während des Unterrichts passiert Diagnose häufig spontan, z. B. wenn Lehrkräfte Fragen stellen, um ein klareres Bild über die Ideen der Schülerinnen und Schüler zu erhalten, oder wenn Lehrkräfte ihre Schülerinnen und Schüler beobachten, während diese selbstständig arbeiten (Shepard, 2019). Diese Art der Diagnose eignet sich gut, um Informationen zur Förderung des Lernprozesses zu gewinnen. Neben diesen „Spontan“-Diagnosen (on-the-fly Diagnose) wird Kompetenzdiagnose häufig auch geplant eingesetzt. Dabei legt die Lehrperson die Ziele fest, wählt eine geeignete Methode aus, führt sie durch, wertet sie aus und zieht ihre Schlüsse unter Berücksichtigung der gesetzten Ziele. Eine Kompetenzdiagnose kann in Bezug auf den erfolgten Zeitpunkt als Prä-Diagnose (*Prä-Diagnostik*) oder fortlaufende Diagnose (*fortlaufende Diagnostik*) bezeichnet werden. Eine Prä-Diagnostik findet vor dem Lernprozess statt, wohingegen eine fortlaufende immer wieder während des Lernprozesses eingesetzt wird. Häufig werden im Kontext von Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung schriftliche Aufgaben eingesetzt, aber auch die Analyse von Arbeitsproben ist gut geeignet. Sollen die Ergebnisse der Diagnose für die Benotung eingesetzt werden, wird die Diagnose im Vorhinein geplant. In einigen Ländern gibt es darüber hinaus auch offizielle Formen der Kompetenzdiagnose, wie Standarderhebungen. Manchmal werden den Lehrpersonen auch eigens entwickelte und überprüfte Instrumente zur Verfügung gestellt, die sie zur Kompetenzdiagnose einsetzen können.

In diesem Kapitel werden zunächst einige wichtige Konzepte der Kompetenz-

diagnose im Unterricht diskutiert. Anschließend werden verschiedene Methoden der Diagnose durch die Lehrperson, durch Gleichaltrige (*Peer-Assessment*) und der Selbstbeurteilung (*Self-Assessment*) vorgestellt, die gut geeignet sind, um die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler beim IBL in den Naturwissenschaften zu erheben.

5.2 Formative und summative Kompetenzdiagnose

Beispiel 5.1

Lassen Sie uns diesen Teil des Kapitels mit einer kleinen Gedankenübung beginnen. Was kommt Ihnen in den Sinn, wenn Sie an Diagnose im Unterricht denken? Sie könnten an Klassenzimmer mit Abiturienten und Abiturientinnen denken, die gerade ihre Reifeprüfung ablegen. Die Arbeiten werden im Anschluss bewertet und schlussendlich wird diese Bewertung ausschlaggebend dafür sein, wer ein Studium an der Universität beginnen darf und wer außen vor bleibt. Es könnte aber auch das Bild von einer Lehrperson sein, die zu einer/einem Schülerin/Schüler sagt: „Ich sehe an deiner Arbeit, dass du sehr gut darin bist, verschiedene Forschungsfragen zu formulieren, aber es wäre gut für dich, dir genauer anzusehen, wie ein kontrolliertes Experiment durchgeführt wird.“ Beide Bilder der Diagnose haben ihre Berechtigung, sie stehen jedoch für unterschiedliche Ziele.

Das erste Bild beschreibt eine *summative Kompetenzdiagnose* (*summatives Assessment*). Das Ziel der summativen Kompetenzdiagnose ist es, einen Bericht oder eine Momentaufnahme der Kenntnisse und Fähigkeiten der Lernenden zu einem bestimmten Zeitpunkt zu liefern. Dies kann durch das Sammeln, Interpretieren und Berichten von unterschiedlichen Leistungsnachweisen geschehen (Dolin et al., 2018). Dabei können z. B. Tests oder Prüfungen durchgeführt, Arbeitsportfolios analysiert oder Beobachtungen herangezogen werden. Die Interpretation oder Beurteilung der Leistungsnachweise erfolgt in Bezug auf die Lernziele, welche die Schülerinnen und Schüler zum Zeitpunkt der Beurteilung, z. B. am Ende des Schuljahres, erreicht haben sollen. Die Beurteilung des Lernstands kann unterschiedliche Ziele haben: Der gebräuchlichste ist wahrscheinlich die Beurteilung der Leistung für eine Note bzw. ein Zeugnis, das jeder Schülerin und jedem Schüler am Ende eines jeden Semesters/Schulhalbjahres ausgehändigt wird. Diese Noten werden dann z. B. verwendet, um zu bestimmen, welche Schülerinnen und Schüler ihr Studium in Universitätsprogrammen mit begrenztem Platzangebot fortsetzen oder welche weiterführende Schule die Lernenden besuchen können (siehe Beispiel 2.2 in Kapitel 2). Ergebnisse der summativen

Diagnose können auch verwendet werden, um verschiedene Lehrpersonen oder Schulen zu bewerten. Dies wiederum hat häufig Auswirkungen auf die Außenwahrnehmung und die Finanzierung.

Das zweite oben beschriebene Bild stellt ein Beispiel für *formative Kompetenzdiagnose* (*formatives Assessment*) dar. Das Ziel der formativen Kompetenzdiagnose ist es, das Lernen zu unterstützen. Formative Kompetenzdiagnose begleitet das Lernen, anstatt die Lernergebnisse im Nachhinein zu berichten, wie es bei der summativen Diagnose der Fall ist. Formative Kompetenzdiagnose kann durch die Fragen „Wohin geht die oder der Lernende?“, „Wo steht die oder der Lernende jetzt?“ und „Wie erreicht die oder der Lernende diese Ziele?“ veranschaulicht werden (Black & Wiliam, 2009; Hattie & Timperley, 2007). Summative Kompetenzdiagnose gibt einen Rückblick: „Was wurde bis zu diesem Punkt gelernt?“

Für die formative Diagnose werden unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt (Bennett, 2011). Einige Forschende sehen die formative Kompetenzdiagnose als spezielles diagnostisches Instrument (Pearson, 2005). Neuere Arbeiten hingegen legen den Fokus auf den Diagnoseprozess, der einen qualitativen Einblick in das Lernen der Schülerinnen und Schüler bietet (Shepherd, 2008). Ein entscheidender Aspekt der formativen Kompetenzdiagnose ist die Nutzung der Informationen über den Lernstand und die Leistung der Schülerinnen und Schüler, um ihr Lernen in der Zukunft zu fördern, d. h. die Informationen werden genutzt, um Entscheidungen über das Lehren und Lernen zu treffen. Black und Wiliam (2009, S. 9) drücken dies so aus:

„Practice in a classroom is formative to the extent that evidence about student achievement is elicited, interpreted, and used by teachers, learners, or their peers, to make decisions about the next steps in instruction that are likely to be better, or better founded, than the decisions they would have taken in the absence of the evidence that was elicited.“

Wenn wir den von Black und Wiliam (2009) skizzierten Prozess der formativen Kompetenzdiagnose genauer betrachten, können wir drei verschiedene Prozesse unterscheiden: 1) das Erheben von Nachweisen über den Lernstand von Schülerinnen und Schülern, 2) das Interpretieren dieser Nachweise und 3) die Nutzung dieser Nachweise, um bessere oder fundiertere Entscheidungen über die nächsten Unterrichtsschritte zu treffen, als dies ohne die Nachweise der Fall gewesen wäre. Noch bevor diese Prozesse in Gang gesetzt werden, sollten die Lernziele und die Schritte, die nötig sind, um diese Ziele zu erreichen, sowohl für die Lehrkraft als auch für die Schülerinnen und Schüler deutlich gemacht werden (Dolin et al., 2018; Ruiz-Primo, 2011).

Lernstände und Leistungen können durch verschiedene Methoden erhoben werden. Lehrpersonen können die Schülerinnen und Schüler beobachten, während sie arbeiten, Fragen stellen, um das Verständnis der Lernenden zu erkunden,

und sich auf Diskussionen mit ihnen einlassen (Ruiz-Primo & Furtak, 2007). Auch die Aufzeichnungen der Schülerinnen und Schüler über einen längeren Zeitraum können Einblicke in ihre Leistung geben oder es werden Aufgaben in unterschiedlichen Formaten verwendet (Dolin et al, 2018). Black und Wiliam (2009) und Studien anderer Forschender zur formativen Kompetenzdiagnose (Dini et al., 2020; Ruiz-Primo & Furtak, 2007) betonen dabei die aktive Rolle der Lehrkraft, während weitere Studien vor allem das Potenzial von spontanen Beiträgen der Schülerinnen und Schüler für die formative Kompetenzdiagnose betonen (Louca et al., 2012; Nieminen et al., 2020). In den Interviews, die wir für dieses Buch mit Lehrkräften geführt haben ($n = 30$), berichteten diese, dass sie Lernstände und Leistungen von den Schülerinnen und Schülern erheben, indem sie sie im Unterricht beobachten, ihnen Fragen stellen, ihre Forschungsberichte oder Arbeitsblätter analysieren oder sie ein Portfolio über das Gelernte erstellen lassen.

Die Interpretation der gesammelten Informationen ist häufig ein impliziter Prozess (Dini et al., 2020). Er beinhaltet das Urteilen auf Grundlage von Lernstand und Leistung und dem Abgleich des Lernstandes und der Leistung der Lernenden mit den zuvor gesetzten Lernzielen (Dolin et al., 2018).

Der abschließende Prozess besteht darin, die nächsten Schritte auf Grundlage der Beurteilung zu gestalten. Dazu kann es nötig sein, die Herangehensweise im Unterricht generell zu ändern, z. B. wenn die Lehrkraft zu dem Schluss kommt, dass die Lernenden noch mehr Übung brauchen, bevor sie zu einem neuen Thema übergehen. Häufig liegt der nächste Schritt aber darin, den Schülerinnen und Schülern Feedback zu ihrer Leistung zu geben und dann gemeinsam das weitere Vorgehen zu besprechen. Ziel dieses Feedbackgesprächs ist es, den Schülerinnen und Schülern Informationen über ihre Leistung zu geben und sie im Hinblick auf die weitere Verbesserung ihrer Arbeit zu beraten. Noten sind zur Kompetenzsteigerung weniger gut geeignet. So berichtet Butler (1987; 1988), dass Noten, selbst wenn sie zusätzliche Kommentare enthielten, weniger Auswirkungen auf die Verbesserung der Arbeit der Lernenden hatten, als wenn rein verbale Rückmeldung erfolgte. Damit formative Kompetenzdiagnose erfolgreich sein kann, müssen die Lehrpersonen über diagnostische Kompetenzen verfügen. Dazu gehört das Wissen über unterschiedliche Diagnosemethoden und die Kompetenz, diese richtig einzusetzen. Außerdem müssen Lehrpersonen in der Lage sein, auf Basis der gesammelten Daten begründete Urteile zu fällen und daraus Entscheidungen für das weitere Vorgehen abzuleiten. In unseren Interviews berichteten die Lehrkräfte, dass sie die von den Schülerinnen und Schülern gesammelten Informationen sowohl für ein spontanes Feedback als auch für Änderungen ihrer Pläne für die nächsten Unterrichtsstunden nutzen.

5.3 Methoden zur Diagnose von Inquiry-based Learning im Unterricht

Im Unterricht liegt die Aufgabe der Leistungserhebung und -bewertung üblicherweise bei den Lehrpersonen. Zusätzlich können aber auch Mitschülerinnen und Mitschüler Rückmeldungen in Form von Peer-Assessments geben. Schülerinnen und Schüler sollten aber auch lernen, ihre eigene Arbeit selbst valide einzuschätzen.

5.3.1 Diagnose durch die Lehrperson

Lehrkräfte beurteilen die Leistungen ihrer Schülerinnen und Schüler auf unterschiedliche Weise. Wie zuvor bereits ausgeführt, geschieht dies häufig zufällig, beispielsweise wenn eine Lehrperson etwas im Unterricht beobachtet, das eine Reaktion erfordert. Andererseits kann die Kompetenzdiagnose geplant sein, z. B. wenn eine Lehrperson Aufgaben vorbereitet oder Protokolle einfordert. In diesem Abschnitt werden unterschiedliche Methoden vorgestellt, wie eine Lehrperson die Leistungen der Schülerinnen und Schüler beim IBL erheben kann.

Kompetenzdiagnose durch Unterrichtsbeobachtungen

Beobachtungen liefern im Unterricht in unterschiedlichen Situationen Informationen über die Leistungen der Schülerinnen und Schüler. Oft werden diese Beobachtungen unbewusst, gewissermaßen nebenbei, durchgeführt und nicht systematisch aufgezeichnet (On-the-fly-Beobachtungen). Andererseits kann die Beobachtung auch als explizite, formelle Diagnosemethode eingesetzt werden (formell: Diagnose mithilfe geprüfter Diagnoseinstrumente; dadurch nahezu objektive Diagnose; siehe auch Abschnitt 5.6).

Spontane Beobachtungen in der Klasse: Spontanbeobachtungen sind ein Beispiel für informelle formative Diagnosen (informell: ohne geprüfte Diagnoseinstrumente; dadurch subjektive Diagnose, die aber auch ihre Bedeutung hat; siehe auch Abschnitt 5.6). Weil sie nebenher passieren, werden sie im englischen Sprachgebrauch als „on-the-fly observations“ bezeichnet. Es handelt sich dabei um schnelle, spontane Urteile und Handlungen der Lehrpersonen, die auf Informationen beruhen, die sie von den Schülerinnen und Schülern zufällig wahrnehmen. Häufig werden diese Beobachtungen durch zusätzliche Fragen verifiziert oder vertieft. Dazu eignen sich sehr gut offene Fragen, da sie unterschiedliche Wissensarten erheben können (Ruiz-Primo, 2011).

Nach der Informationssammlung müssen die Informationen interpretiert und beurteilt werden. Meistens geschieht dies durch die Lehrkraft, aber manchmal können auch die Lernenden selbst als Interpretatorinnen und Interpretato-

ren fungieren (ebd.). Frühere Forschungen haben zwischen zwei verschiedenen Orientierungen unterschieden, die Lehrpersonen bei der Interpretation von Schülerinnen- und Schülerleistungen zeigen. Manche Lehrpersonen zeigen eine evaluative Orientierung, bei der sie die Antwort der Schülerinnen und Schülern mit der erwarteten Antwort abgleichen. Andere Lehrpersonen dagegen zeigen eine interpretative Orientierung. Diese zeigt sich darin, dass die Lehrpersonen den Schülerinnen und Schülern genau zuhören und versuchen, die Ideen und Erklärungen der Lernenden zu verstehen und ihnen einen Sinn zu geben (Davis, 1997; Talanquer et al., 2015). Mehr Informationen über die zugrunde liegenden Ideen und Denkmuster liefert die zweite Orientierung. Nach der Interpretation der Wahrnehmung der Leistung folgt meist eine Reaktion – pädagogisches Handeln – der Lehrperson. Dabei können beispielsweise ergänzende Erklärungen angeboten, die Ideen der Schülerinnen und Schüler verglichen oder Feedback gegeben werden (Ruiz-Primo, 2011).

Systematische Beobachtungen in der Klasse: Systematische Unterrichtsbeobachtungen sind wertvolle Instrumente zur Diagnose der Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern (O’Leary, 2020; Schermer & Fosker, 2020). Sie können für formative und summative Diagnosen gleichermaßen eingesetzt werden. Um Beobachtungen als explizite Diagnosemethode einzusetzen, müssen sie bewusst geplant und gestaltet werden. Die folgenden Schlüsselfragen können bei der Vorbereitung helfen:

- Wer soll beobachtet werden?
- Wer sollte wen beobachten?
- Was soll beobachtet werden?
- Wie soll die Beobachtung durchgeführt werden?
- Wann, wie lange und wie oft soll beobachtet werden?
- Wie sollen die Beobachtungen aufgezeichnet und dokumentiert werden?
- Was soll mit den Beobachtungen gemacht werden?

Die Beobachtung der Leistungen von Schülerinnen und Schülern im Unterricht ist besonders dann notwendig, wenn Lernende selbstständig, allein oder in Gruppen an praktischen Aufgaben arbeiten, was beim IBL häufig der Fall ist. Verhaltensbeobachtungen können sich auf einzelne Schülerinnen und Schüler beziehen oder sich auf Interaktionen zwischen mehreren Lernenden in einer Gruppe konzentrieren.

Das Beobachten im Unterricht braucht Zeit, die im Unterrichtsalltag knapp sein kann. Umso vorteilhafter ist es zu bedenken, dass nicht alle Beobachtungen von der Lehrkraft selbst durchgeführt werden müssen. Schülerinnen und Schüler sind in der Regel sehr gut in der Lage, sich gegenseitig zu beobachten, wenn der Arbeitsauftrag und die Dokumentation klar vorgegeben sind (Panadero &

Brown, 2016). Beobachtungen müssen dokumentiert werden. Die häufigste Form der Dokumentation ist die schriftliche Aufzeichnung. Je nachdem, was beobachtet wird, werden qualitative oder quantitative Daten erhoben. Es ist auch möglich, Beobachtungen in Form eines Fließtextes zu dokumentieren. Es spart jedoch meist Zeit, wenn ein Beobachtungsraster vorliegt, in dem die zu beobachtenden Dinge auf einer Skala, über Symbole oder mit kurzen schriftlichen Kommentaren bewertet werden können.

Beispiel 5.2

Die folgenden Beispielimens können als Teil eines Beobachtungsrasters verwendet werden

Die Schülerin/der Schüler kann ...	Kompetenz vollständig erfüllt	Kompetenz teilweise erfüllt	Kompetenz nicht erfüllt
... eine Forschungsfrage formulieren			
... eine Hypothese aufstellen			
... abhängige und unabhängige Variablen identifizieren			
... die Variablenkontrollstrategie anwenden			

Kompetenzdiagnose durch mündliche Methoden

Die Fähigkeit, Dinge verständlich zu erklären, ist eine grundlegende Kompetenz, die Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht erwerben sollen. Wenn Lehrpersonen Schülerinnen- und Schülerleistungen häufig mündlich erheben, werden die Lernenden in ihrer Kompetenz geschult, wissenschaftliche Inhalte spontan zu erklären. Außerdem entwickeln mündliche Methoden der Diagnose kommunikative Fähigkeiten, bieten die Möglichkeit, tiefere Ebenen des Verständnisses der Schülerinnen und Schüler zu beurteilen und ermöglichen sofortiges Feedback (Hazem, 2020). Genauso wie die Beobachtung kann auch die mündliche Kompetenzdiagnose spontan formativ oder vorgeplant zur Diagnose mit formativen und summativen Zielen eingesetzt werden. Im Unterricht ist eine typische mündliche Methode der Dialog zwischen der Lehrperson und den Schülerinnen und Schülern. Er bietet die Möglichkeit für die Lehrkraft, sich ein klareres Bild über die Konzepte der Schülerinnen und Schüler zu machen. Dazu ist es notwendig, dass die Lehrkraft offene Fragen stellt, den Schülerinnen und Schülern aufmerksam zuhört und die Ideen der Lernenden hinterfragt.

Geplante mündliche Methoden der Diagnose umfassen sowohl mündliche Prüfungen als auch Präsentationen. Beim IBL geben Präsentationen einzelnen

Schülerinnen und Schülern oder auch Gruppen die Möglichkeit, ihre Ideen der Klasse vorzustellen und ermöglichen so Kommunikation und Diskussion. Präsentationen können auch kleine Videos, Zeichnungen, Skizzen oder Produkte aus dem Experimentierprozess enthalten.

Kompetenzdiagnose durch schriftliche Methoden

Schriftliche Methoden sind für Lehrpersonen ein gewohntes Instrument der Diagnose. Natürlich kann über schriftliche Methoden nicht die Überprüfung aller Arten von Kompetenzen erfolgen, aber für einige können sie ein gutes, zeitsparendes Instrument für die Diagnose sein.

Schriftliche Aufgaben zur Diagnose naturwissenschaftlicher Kompetenzen können in folgenden Bereichen der Erkenntnisgewinnung sinnvoll und zeiteffizient eingesetzt werden:

- Auswahl oder eigenständige Formulierung einer Fragestellung, die einer gegebenen Untersuchung zugrunde liegt.
- Einschätzung, ob eine vorgegebene Fragestellung mit wissenschaftlichen Methoden untersucht werden kann.
- Auswahl und eigenständige Formulierung möglicher Hypothesen zu einer vorgegebenen Untersuchung.
- Auswahl von Variablen, die in einer Untersuchung variiert oder konstant gehalten werden müssen, um eine Fragestellung zu beantworten (Variablenkontrolle).
- Auswahl bzw. Formulierung eines Versuchsplans für eine gegebene Fragestellung/Problemstellung.
- Bewertung des wissenschaftlichen Ansatzes eines Versuchsplans, Erkennen von Fehlern im Versuchsplan und Vorschlag zur Verbesserung.
- Auswahl geeigneter Messinstrumente zur Prüfung von Hypothesen.
- Ablesen von Messdaten in einer Simulation (Skalen, Messwerte, Einheiten).
- Bewertung von Hypothesen auf der Grundlage gegebener oder in einer interaktiven Simulation gewonnener Daten.

Einzelne Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses können – bis auf die konkrete Durchführung einer Untersuchung oder eines Experiments – gut in schriftlicher Form erhoben werden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass eine korrekte Planung einer Untersuchung keine Garantie für die korrekte Durchführung ist. Dennoch ist es nicht möglich, den gesamten Prozess des IBL von der Konzeption bis zur Diskussion der Ergebnisse in einem schriftlichen Format vollständig abzubilden. Deshalb werden schriftliche Aufgaben eingesetzt, um einzelne Kompetenzen im Prozess der Erkenntnisgewinnung zu diagnostizieren und auf der Grundlage der diagnostischen Informationen zu fördern. Damit können häufige Fehlerquellen bei den einzelnen Untersuchungsschritten erkannt

und beseitigt werden. Um eine wissenschaftliche Denkweise und das Verständnis für den Untersuchungsprozess zu entwickeln, ist es notwendig, den kompletten Kreislauf der Untersuchung zu durchlaufen – und das nicht nur einmal, sondern wiederholt.

Im Allgemeinen können mehrere Aufgabenformate verwendet werden:

- Single-Choice-Aufgaben, bei denen eine richtige Antwort ausgewählt werden muss.
- Multiple-Choice-Aufgaben, bei denen mehrere Antworten zu einer Gesamtpunktzahl addiert werden müssen.
- Nummerierungs- und Sortieraufgaben, bei denen Schülerinnen und Schüler Punkte in eine richtige Reihenfolge bringen müssen
- Lückentexte und Lückentextaufgaben, bei denen Schülerinnen und Schüler kurze Informationen vervollständigen müssen.
- Offene Fragen, bei denen die Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Antworten formulieren sollen.

Kompetenzdiagnose durch Arbeitsproben

Eine gute Möglichkeit, die Leistung der Lernenden zu diagnostizieren, sind Arbeitsproben, die die Schülerinnen und Schüler während des Untersuchungsprozesses anfertigen. Im Vergleich zu schriftlichen Methoden wie Tests oder Arbeitsblättern erlauben Arbeitsproben die Erfassung des gesamten Prozesses des IBLs. Sehr gebräuchlich ist die Analyse von Versuchsprotokollen, die dem Forschungskreislauf folgen, vom Stellen von Fragen über das Aufstellen von Hypothesen und die Planung des Experiments bis hin zur Beschreibung des Experiments selbst, seiner Ergebnisse und dem Ziehen von Schlussfolgerungen (Nybo & May, 2015). Versuchsprotokolle können in einem offenen Format verwendet werden, bei dem die Schülerinnen und Schüler den gesamten Bericht selbst schreiben müssen; ein Prozess, der recht anspruchsvoll sein kann. Einfacher ist die Verwendung von Arbeitsblättern, welche die Schülerinnen und Schüler durch den Untersuchungsprozess führen. Zur Differenzierung können verschiedene Teile des Untersuchungsprozesses auf dem Arbeitsblatt vorgegeben werden. Eine Alternative zu schriftlichen Aufzeichnungen können Videoaufzeichnungen sein, die besonders während der Durchführung des Experiments selbst nützlich sind. Videos können einfach mit den Smartphones der Lernenden erstellt werden, wenn keine Videoausrüstung zur Verfügung steht. Eine weitere Möglichkeit von Arbeitsproben sind Portfolios (Vitale & Romance, 2005). Portfolios können in Kursportfolios, Prozessportfolios und Produktportfolios eingeteilt werden (Stern, 2010).

Kursportfolios beinhalten eine Sammlung von Materialien für einen Kurs, ein Projekt oder ein Schulfach. Die Schülerinnen und Schüler können ihre Materialien selbst auswählen, die Lehrperson begleitet den Erstellungsprozess und gibt formatives Feedback. Produktportfolios sammeln die besten Arbeitsbeispiele der

Lernenden und können – neben der summativen Diagnose in einem Unterrichtsfach – auch für Bewerbungen für eine Arbeitsstelle oder Universität verwendet werden. Prozessportfolios sammeln Arbeitsbeispiele inklusive aller Korrekturen und Ergänzungen. Diese Portfolios zeigen die Entwicklung der Lernenden und können die Vorlage für ein Kurs- oder Produktportfolio liefern.

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht können Portfolios eine Sammlung von Aufgaben und Aufträgen beinhalten, welche die Schülerinnen und Schüler im Unterricht zu erledigen haben, z. B. Laborprotokolle oder eine Sammlung von Materialien wie z. B. Kräuter. Ein anderes Beispiel für eine Portfolioarbeit in den Naturwissenschaften ist die Dokumentation einer mündlichen Präsentation. Die Schülerinnen und Schüler können die Materialien, Literatur, Fotos und Videos und auch Peer- und Selbstfeedback für ihre Projekte sammeln.

Für die formative Diagnose müssen Portfolios von der Lehrkraft begleitet werden, damit die Kompetenzentwicklung nachvollzogen werden kann. Für die summative Diagnose kann das Portfolio und seine Präsentation ebenfalls eingesetzt werden.

5.3.2 Selbsteinschätzung

Ziele der formativen Diagnose sind u. a. die Stärkung der Selbstkompetenz der Schülerinnen und Schüler und die Selbstverantwortung für ihren Lernprozess. Um diese Ziele zu erreichen, kann Selbsteinschätzung (*Self-Assessment*) der eigenen Leistung einen wichtigen Beitrag leisten. Dabei können soziale, praktische und kognitive Leistungen eingeschätzt werden. Die Selbsteinschätzung von Lernenden umfasst eine Vielzahl von Mechanismen, Methoden und Techniken, die diese nutzen, um ihre Lernprozesse und/oder Produkte zu bewerten und einzuordnen (Panadero et al., 2016).

Im Allgemeinen ist die Korrelation zwischen Selbsteinschätzung und Einschätzung durch eine andere Person moderat (Zell & Krizan, 2014). Andere Ergebnisse zeigen, dass die Korrelation in den Einschätzungen zwischen Schülerinnen und ihren Lehrpersonen höher ist als zwischen Schülern und ihren Lehrpersonen (Roos et al., 2016). Schreiber et al. (2016) untersuchten die Kompetenz von Schülerinnen und Schülern, ihre experimentellen Fähigkeiten in Physik einzuschätzen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Selbsteinschätzung im Durchschnitt gut gelingt. Es gibt aber individuelle Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Selbsteinschätzung eine wichtige Rolle für den schulischen Erfolg und die Selbstregulationskompetenzen zu spielen scheint (Panadero et al., 2016). Daher kann Selbsteinschätzung für Lehrkräfte ein praktikabler und schneller Weg sein, um Informationen zu erhalten, und für Schülerinnen und Schüler eine Möglichkeit, um ihren Lernprozess zu reflektieren.

Lehrpersonen müssen Angebote zur Selbsteinschätzung vorbereiten und die Lernenden müssen üben, wie sie ihre Kompetenzen einschätzen können. Es ist notwendig, dass die Lehrkraft die Selbsteinschätzung anleitet, begleitet und analysiert (Buholzer et al., 2020).

Methoden zur Selbsteinschätzung

Die beliebteste und auch schnellste Art der Selbsteinschätzung ist ein Evaluationsbogen – z. B. mit einer Checkliste –, auf dem die Schülerinnen und Schüler eintragen können, wie sie ihre Leistung bei bestimmten Aufgaben einschätzen (ebd.).

Beispiel 5.3

Die folgenden Punkte können in einem Selbstevaluationsbogen verwendet werden:

- Wie hast du die Arbeit bewältigt?
- Hast du die Aufgaben in der vorgegebenen Zeit erledigt?
- Hast du die vorgegebenen Lernziele erreicht? (Nennung der Lernziele)
- Wie bist du mit den zugehörigen Materialien umgegangen?
- Wie gut konntest du die einzelnen Aufgaben lösen?
- Wie gut konntest du die Partner- oder Gruppenarbeit erledigen?
- Wie schwierig war die Arbeitsaufgabe für dich?
- Wie gut hat dir der Arbeitsauftrag gefallen?
- Hättest du gerne mehr Auswahlmöglichkeiten bei den Aufgaben gehabt?
- Was würdest du an der Aufgabe ändern und warum?

Wichtig ist hier, dass die Lehrperson die Lernziele und Kriterien für ihre Erreichung offenlegt. Dies kann auf einer vorbereiteten Skala mittels Zahlen oder für die jüngeren Schülerinnen und Schüler z. B. mit Smileys geschehen. Bei zeitaufwendigeren Methoden können auch Probleme und Besonderheiten bei der Aufgabenstellung oder bei Übungen angegeben werden. Lehrende können hier mit vorbereiteten Skalen arbeiten oder selbst offene Fragen formulieren. Auch Lerntagebücher können den Schülerinnen und Schülern helfen, ihren Lernprozess über einen kurzen oder auch längeren Zeitraum zu reflektieren. Diese notieren dabei die Entwicklungen ihrer Arbeit. Lerntagebücher sind in den meisten Fällen offene Formen mit Tagebuch-Charakter. Der Einsatz von digitalen Tools zur Selbsteinschätzung kann die Lehrkräfte bei der Evaluation unterstützen. Dazu gehören Online-Self-Assessment-Tools ebenso wie programmierte oder standardisierte Fragebögen. Neben individuellem Feedback ermöglicht das Self-Assessment eine schnelle und einfache Auswertung im Unterricht.

5.3.3 Peer-Assessment

Definition

Eine gängige Definition für die Beurteilung durch Gleichaltrige (*Peer-Feedback*) beschreibt Peer-Assessment als: ein Arrangement, in dem Individuen die Menge, das Niveau, den Wert, die Qualität oder den Erfolg der Produkte oder Lernergebnisse ihrer Gleichaltrigen mit ähnlichem Status betrachten (Topping, 1998, S. 250, übersetzt). Peer-Assessment kann sich auf verschiedene Produkte oder Learning-Outcomes konzentrieren, wie z.B. schriftliche Arbeiten, mündliche Präsentationen oder Arbeitsproben, und es kann für formative oder summative Zwecke eingesetzt werden. Obwohl formatives verbales Peer-Feedback für die Beurteilenden mehr Arbeitsaufwand mit sich bringt, ist es im Vergleich zu summativen Noten für die Beurteilten sozial angenehmer und nützlicher (Topping, 2005). Das Ziel des formativen Peer-Assessments ist es, den Peers dabei zu helfen, die Stärken und Schwächen in Arbeiten der Mitschülerinnen und Mitschüler zu erkennen und Vorschläge zu deren Verbesserung zu machen. Des Weiteren kann Peer-Assessment als einseitiger oder zweiseitiger (reziproker) Prozess betrachtet werden. Im ersten Fall übernehmen die Lernenden entweder die Rolle des Beurteilers oder des Beurteilten. Beim reziproken Peer-Assessment beurteilen sich zwei Lernende gegenseitig. So können sie von beiden Rollen profitieren. Die Vorteile der Rollen werden später diskutiert.

Die Notwendigkeit von Peer-Assessment

Der Großteil der Forschung bezüglich des Peer-Assessments stammt aus der Hochschulbildung (van Zundert et al., 2010), es gibt jedoch auch aktuelle Studien, die sich auf die Sekundarstufe beziehen (z. B. Ketonen et al., 2020a; Tsvitavidou et al., 2018). Die Forschung hat gezeigt, dass Peer-Assessment viele positive Auswirkungen auf Lernprozesse und -ergebnisse, soziale Interaktion und metakognitive Fähigkeiten haben kann (Broadfoot et al., 2013; Topping, 2009). Auf der anderen Seite wurde auch von vielen Herausforderungen berichtet. Wenn beispielsweise numerische Skalen für die Bewertung von Peer-Leistungen verwendet werden, kann es sein, dass Schülerinnen und Schüler „Freundschaftsnoten“ vergeben (Broadfoot et al., 2013) oder um Noten „feilschen“ (Ketonen et al., 2020b). Außerdem können diese Kritik vermeiden, Feedback ablehnen und die Arbeit anderer verspotten (ebd.). Darüber hinaus können Schülerinnen und Schüler ängstlich sein, was ihre eigene Fähigkeit betrifft, die Arbeit anderer zu bewerten (Broadfoot et al., 2013; Sluijsmans, 2002). Trotz möglicher Herausforderungen wird die Durchführung von Peer-Assessments im Unterricht als nützlich für Schülerinnen und Schüler angesehen. Die finnische Bildungsbehörde gibt beispielsweise an, dass Schülerinnen und Schüler der Primar- und Sekundarstufe I (Klassen 1 bis 9; 7- bis 15-Jährige) formativ und summativ beurteilt werden müssen. Diese formative Leistungsbeurteilung umfasst Selbstbeurteilung und Peer-

Feedback, das sich aber nicht auf die Noten der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Das Geben und Empfangen von Peer-Feedback wird unter Anleitung der Lehrkraft in allen Fächern praktiziert (Finnish National Agency for Education, 2020). Darüber hinaus gibt es viel forschungsbasiertes Wissen darüber, wie man Peer-Assessment erfolgreich im Klassenzimmer implementiert und damit auf diese Herausforderungen reagiert.

Wechselseitige formative Beurteilung

Formative Leistungsbeurteilung bietet die Möglichkeit, Feedback zu erhalten, das den laufenden Lernprozess unterstützt (Black & Wiliam, 2009). Im Fall von Peer-Assessment bedeutet dies, dass 1.) Schülerinnen und Schüler mit einer Aktivität arbeiten (z. B. einer forschungsbasierten Untersuchung), die ein Output produziert, 2.) sie ein Peer-Feedback zu dem Output erhalten und 3.) sie danach ihre Arbeit verbessern können. Darüber hinaus agieren Lernende beim gegenseitigen Peer-Assessment sowohl in der Rolle der Beurteilerin/des Beurteilers als auch der/des Beurteilten. Natürlich kann das Peer-Assessment auch von einer Einzelperson, einem Paar oder einer kleinen Gruppe durchgeführt werden. In einem „Mars-Rover-Projekt“ (Ketonen et al., 2020a) entwarfen Schülerinnen und Schüler beispielsweise ein Fahrzeug, maßen seine Geschwindigkeit und erstellten einen Bericht über ihre Untersuchung. Da das Peer-Assessment wechselseitig und formativ war, hatte jede Gruppe in der Klasse die Aufgabe, den Bericht einer anderen Gruppe zu bewerten, und erhielt gleichzeitig Feedback zu ihrem eigenen Bericht von einer Gruppe. Nach dem Feedback hatten sie die Möglichkeit, ihren Bericht zu überarbeiten.

In der Rolle der/des Beurteilenden müssen Schülerinnen und Schüler drei Beurteilungsfähigkeiten einüben, konkret 1.) die Formulierung von Beurteilungskriterien, 2.) die Beurteilung der Leistung anhand dieser Kriterien und 3.) das Geben von Feedback (Sluijsmans, 2002). Die erste Fähigkeit bedeutet, dass Lernende in der Lage sein müssen, die Anforderungen der Aufgabe zu erkennen und zu überlegen, wie der Erfolg gemessen werden kann. Bei Schülerinnen und Schülern, die keine Erfahrung in Peer-Assessment haben, ist es jedoch sinnvoll, mit vorgegebenen Kriterien zu arbeiten. In diesem Fall bezieht sich die Fähigkeit auf das Verständnis der Beurteilungskriterien. In der Praxis werden Kriterien in Form einer Matrix bereitgestellt (siehe Beispiel in Tabelle 5.1), was den Beurteilenden bei ihrer Arbeit hilft und die Zuverlässigkeit und Validität des Peer-Assessments aus Sicht der Lehrkraft erhöht (Panadero et al., 2013). Die zweite Fähigkeit, das Beurteilen, bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein müssen, die Arbeit der Peers mit den Kriterien zu vergleichen und ihre Stärken und Schwächen zu identifizieren. Die dritte Fähigkeit bezieht sich auf deren Fähigkeit, konstruktives Feedback auf der Grundlage ihres Urteils zu geben, sodass die zu Beurteilenden in weiterer Folge ihre Arbeit verbessern können.

Die zweite Rolle bei der gegenseitigen Beurteilung durch Gleichrangige ist die

Rolle der beurteilten Person. Es mag sich nach einer einfacheren Rolle anhören, aber dennoch sind viele Fähigkeiten erforderlich. Die Schülerinnen und Schüler müssen in der Lage sein, das Feedback kritisch zu prüfen, Entscheidungen über seine Nützlichkeit zu treffen und es, wenn es angemessen ist, zur Verbesserung ihrer Arbeit zu verwenden. Diese Fähigkeiten wurden im Rahmen der Feedback-Literacy (Carless & Boud, 2018) als „Feedback wertschätzen“, „Beurteilen von Feedback“, „Affekte steuern“ und „auf Feedback reagieren“ beschrieben. Tabelle 5.2 fasst die Fähigkeiten zusammen, die Schülerinnen und Schüler benötigen, und die sie bei der gegenseitigen Beurteilung durch Gleichgestellte üben können.

Tabelle 5.1: Ein Beispiel für eine Matrix für das Peer-Feedback im Technologieprojekt „Mars- Rover“ (Ketonen et al., 2020a)

Kriterium	Kriterium erfüllt			Kommentar
	Mangelhaft	Teilweise	Alles erfüllt	
Forschungsplan und Ausstattung wurden übersichtlich dargestellt.				Was war gut? Was könnte wie verbessert werden?
Die Messungen sind sinnvoll und übersichtlich dargestellt.				
Der Bericht zeigt, wie die Geschwindigkeit aus Messungen berechnet wird. Die Berechnung umfasst eine Gleichung, Zahlen und Einheiten.				
Die Fehler der Messungen und Ergebnisse wurden kommentiert.				

Tabelle 5.2: Überblick über die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler bei der gegenseitigen Begutachtung (adaptiert nach Carless & Boud, 2018; Sluijsmans, 2002)

Beurteilende Person	Beurteilte Person
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung (oder Definition) von Bewertungskriterien • Beurteilen • Feedback geben 	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback wertschätzen • Beurteilen von Feedback • Affekte steuern • Auf Feedback reagieren

Alles in allem gibt es viele Gründe, warum der Einsatz von gegenseitiger Be-
gutachtung für das Lernen der Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe
von Vorteil ist. In der Bewertendenrolle üben Lernende bestimmte Bewertungs-
fähigkeiten (Tabelle 5.2) und sie werden während dieser Handlungen kognitiv
herausgefordert (z. B. bezüglich der Frage, was die Merkmale einer guten Arbeit
sind). Darüber hinaus könnten die Schülerinnen und Schüler angeregt werden,
ihre eigene Arbeit noch einmal kritisch zu betrachten und dabei Dinge zu kor-
rigieren, die ihnen bei den anderen negativ aufgefallen sind (Grob et al., 2014).
In ähnlicher Weise üben Schülerinnen und Schüler in der Rolle der/des Beur-
teilenden Feedbackkompetenz (Carless & Boud, 2018; Ketonen et al., 2020c) und
sie sind durch diese Anforderungen kognitiv herausgefordert (z. B. Filtern von
Peer-Feedback; Grob et al., 2014). Darüber hinaus ist Peer-Feedback eine nützli-
che Ergänzung zum Feedback der Lehrperson, aber auch eine Erweiterung, weil
Schülerinnen und Schüler Rückmeldungen von Peers erhalten, die die gleiche
Sprache sprechen, mit dem gleichen Lernprozess arbeiten und mit den gleichen
Schwierigkeiten kämpfen (ebd.). So kann dies einen fruchtbaren Boden schaffen,
auf dem die Sprache und die Probleme im Vergleich zur Lehrerenden-Lernen-
den-Interaktion leichter zu teilen und zu verstehen sind.

5.4 Validität und Reliabilität der Kompetenzdiagnose

Die Qualität der Diagnose wird häufig mit zwei Konzepten beschrieben: der Va-
lidität und der Reliabilität.

Die Validität beschreibt, ob das, was gemessen werden soll, tatsächlich ge-
messen wird (Dolin et al., 2018). Ein Beispiel für eine schlechte Validität wäre
die Verwendung von ausschließlich verbalen Aufgaben, um die Fähigkeiten der
Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren zu bewerten. Um bei verbalen
Aufgaben gut abzuschneiden, sind vor allem auch verbale Fähigkeiten entschei-
dend – die Fähigkeit, sich auszudrücken, Sachverhalte zu erklären, Argumente
darzustellen. Verfügen Schülerinnen und Schüler nicht über gute verbale Fähig-
keiten, wirkt sich das auf die Bewältigung der ganzen Aufgabe aus und führt zu
einer schlechteren Bewertung. Will man solche Fehlerquellen bei der Diagnose
vermeiden, ist es von Vorteil, mehrere unterschiedliche Methoden einzusetzen.

Die Reliabilität oder Zuverlässigkeit der Diagnose beschreibt, wie konsistent
oder genau die Beurteilung für ihren Verwendungszweck ist (ebd.). Unterschiedli-
che Ziele der Diagnose bedingen unterschiedliche Anforderungen an die Relia-
bilität. Groß angelegte Erhebungen, die weitreichende Folgen nach sich ziehen
können, wie z. B. Abschlussprüfungen, Immatrikulationsprüfungen, müssen auf
ihre Zuverlässigkeit geprüft werden. Bei formativen Diagnosen hingegen spielt
die Reliabilität eine kleinere Rolle. Formative Diagnosen werden eingesetzt, um
das individuelle Lernen der Schülerinnen und Schüler zu fördern. In diesem Sinn

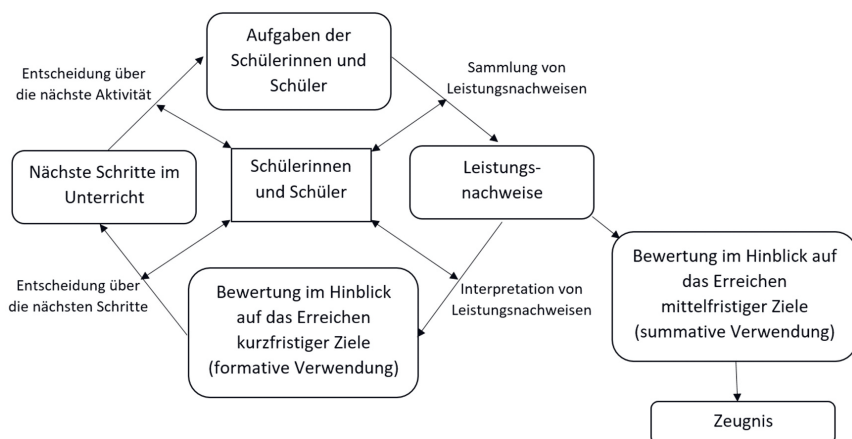
handelt es sich nicht um endgültige Bewertungen der Leistungen. Formative Diagnosen bilden immer nur den aktuellen Stand ab. Werden die Ergebnisse der Diagnose für summative Beurteilungen verwendet, muss die Diagnose in der Lage sein, auch mit nur einer Messung tragfähige und vergleichbare Informationen über die Schülerinnen und Schüler zu liefern.

5.5 Die Kombination von formativer und summativer Diagnose

Abbildung 5.1 (adaptiert von Dolin et al., 2018) zeigt, wie summative und formative Diagnose miteinander kombiniert werden können. Doch auch wenn die Abbildung auf den ersten Blick suggeriert, dass die beiden Ansätze miteinander verbunden werden können, gibt es doch wichtige Unterschiede zu beachten.

1. Summative Diagnose nimmt mittelfristige Lernziele in den Fokus, die sich auf ein Semester/Schulhalbjahr oder ein Schuljahr beziehen, und vergleicht die Leistung der Lernenden mit den postulierten Zielen. Auf der anderen Seite bezieht sich formative Diagnose auf kurzfristige Ziele, wie die Ziele der jeweiligen Unterrichtsstunde oder Aktivität.
2. Während formative Diagnose alle Methoden einschließen kann, können für summative Erhebungen nur dokumentierte Leistungsnachweise verwendet werden.

Abb. 5.1: Die Verbindung zwischen formativer und summativer Diagnose (adaptiert von Dolin et al., 2018)



Die Verbindung zwischen formativer und summativer Diagnose soll mit dem Beispiel 5.4 illustriert werden.

Beispiel 5.4

Das Lernziel der Schülerinnen und Schüler für die Unterrichtsstunde ist es, ein Experiment zu entwerfen, mit dem sie die Beziehung zwischen zwei unabhängigen Variablen (Batteriespannung, Anzahl der in Reihe geschalteten Glühlampen) und einer abhängigen Variable (Helligkeit der Glühlampen) bestimmen können. Die Lehrkraft beobachtet die Schülerinnen und Schüler bei der Arbeit an der Versuchsplanung. In formativer Weise beurteilt die Lehrkraft die Handlungen der Schülerinnen und Schüler, ob sie das Ziel der Unterrichtseinheit erreichen, und gibt Feedback. Die Lehrkraft sammelt auch die Versuchspläne in schriftlicher Form ein (natürlich sind die Lernenden hierüber informiert) und verwendet sie für die Beurteilung im Hinblick auf eines der Schuljahres-/Semesterlernziele: „Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, Experimente mit unabhängigen und abhängigen Variablen zu planen“. Nach der Unterrichtsstunde leitet die Lehrperson unter Umständen aus den formativen Beobachtungen ab, dass die Schülerinnen und Schüler die Versuchsplanung noch üben müssen. Daher plant er/sie die nächsten Schritte, d. h. die nächste Unterrichtsstunde, in der die Schülerinnen und Schüler die Versuchsplanung weiter üben werden. Am Ende der Unterrichtseinheit erfolgt eine summative Diagnose, die in Form einer Note ins Zeugnis eingeht.

5.6 Formelle und informelle formative Diagnose

Wie im vorigen Teil dieses Kapitels angedeutet, kann die Diagnose formell oder informell durchgeführt werden. Diagnose wird als formell bezeichnet, wenn sie im Voraus geplant wird. Sie enthält häufig schriftliche Elemente (Bell & Cowie, 2001; Dolin et al., 2018), aber auch andere Modalitäten sind möglich. Wir führen im Folgenden die formative Diagnose vertiefter aus, da diese u. E. für die Differenzierung gewinnbringend ist. Sowohl die formative und die summative Diagnose kann sowohl formell als auch informell sein.

Ein Beispiel für eine formelle formative Diagnose könnte eine kurze schriftliche Aufgabe sein, die von der Lehrkraft vorbereitet wurde und als Teil des Unterrichts eingesetzt wird. Das Ziel dieses Diagnostetests wäre es, ein schriftliches Feedback für die Schülerinnen und Schüler zu geben und der Lehrperson gleichzeitig Informationen über den Fortschritt der einzelnen Schülerinnen und Schüler zu liefern. Diese Information könnte in weiterer Folge dazu genutzt werden, die nachfolgenden Unterrichtsplanungen zu adaptieren (Dolin et al., 2018). Im Vergleich dazu ist die informelle formative Diagnose etwas, das spontan und

ohne tiefergehende Planung geschieht, z. B. wenn die Lehrkraft im Klassenzimmer umhergeht und zufällig eine Diskussion zwischen zwei Lernenden hört, welche sie dann dazu veranlasst, spontan Feedback zu geben (Shavelson et al., 2008). Die Unterrichtssituationen können als potenzielle Gelegenheiten zur informellen formativen Bewertung für die Schülerinnen und Schüler gesehen werden (Ruiz-Primo, 2011).

Sowohl die formelle als auch informelle formative Diagnose hat ihre Vor- und Nachteile. Zu den Vorteilen der formellen formativen Diagnose gehört, dass sie der Lehrperson konkrete, nachvollziehbare Anhaltspunkte für das Lernen der Schülerinnen und Schüler liefert. Zu den Nachteilen gehört, dass andere Modi, mit denen sich die Schülerinnen und Schüler ausdrücken können, wie z. B. Sprechen und Handeln, unberücksichtigt bleiben, wenn sich die formale formative Diagnose nur auf den schriftlichen Nachweis des Lernens beschränkt.

Ein großer Vorteil beim Einsatz informeller formativer Diagnose ist die Möglichkeit, unterschiedliche Erhebungsarten einzusetzen, wie zum Beispiel verbale, schriftliche, grafische (Zeichnungen etc.), praktische (praktische Arbeit etc.) und nonverbale (Körpersprache etc.) Methoden (ebd.). Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass jeder Unterrichtsdialog zwischen Lehrperson und Lernendem eine Möglichkeit für informelle formative Diagnose darstellt. Dazu muss die Lehrperson diese Möglichkeit zur Informationsgewinnung wahrnehmen und entsprechend nutzen. Die gewonnene Information kann dazu genutzt werden, den Unterricht besser auf die Bedürfnisse abzustimmen (ebd.). Ein Nachteil der informellen formativen Diagnose ist, dass es häufig keine Aufzeichnungen für eine spätere Verwendung gibt (möglicherweise in einer summativen Art und Weise), es sei denn, die Lehrkraft protokolliert die Geschehnisse.

Zusammenfassung

Diagnose kann zur Leistungsbewertung (summative Beurteilung) oder zur Leistungsförderung (formative Beurteilung) eingesetzt werden. Auch eine Kombination aus beidem ist möglich. Wenn die Beurteilung durch die Lehrkraft erfolgt, stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung: Beobachtungen, Gespräche, Aufgaben, Analyse von Texten oder Arbeitsproben. Die Beurteilung kann auch von Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden (Peer-Assessment) und auch die Selbstbeurteilung ist eine wertvolle Methode für den Unterricht.

Literatur

- Bell, B. & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536–553.
- Bennett, R. E. (2011). Formative assessment: A critical review. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 18(1), 5–25.
- Black, P. & Wiliam, D. (2009). Developing a theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31.
- Black, P. & Wiliam, D. (2018). Classroom assessment and pedagogy. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(6), 551–575.
- Broadfoot, P., Timmis, S., Payton, S., Oldfield, A. & Sutherland, R. (2013). *Rethinking assessment: Discussion paper 3: Exploiting the collaborative potential of technology enhanced assessment in higher education*. Graduate School of Education, University of Bristol. www.bristol.ac.uk/education
- Buholzer, A., Baer, M., Zulliger, S., Torchetti, L., Ruelmann, M., Häfliger, A. & Lötscher, H. (2020). *Formatives Assessment im alltäglichen Mathematikunterricht von Primarlehrpersonen: Häufigkeit, Dauer und Qualität*. *Unterrichtswissenschaft*, 1–33.
- Butler, R. (1987). Task involving and ego-involving properties of evaluation: Effects of different feedback conditions on motivational perceptions, interest and performance. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 472–482.
- Butler, R. (1988). Enhancing and undermining intrinsic motivation: The effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance. *British Journal of Educational Psychology*, 58, 1–14.
- Carless, D. & Boud, D. (2018). The development of student feedback literacy: Enabling uptake of feedback. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43(8), 1315–1325.
- Davis, B. (1997). Listening for differences: An evolving conception of mathematics teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(3), 355–376.
- Dini, V., Sevian, H., Caushi, K. & Orduña Picón, R. (2020). Characterizing the formative assessment enactment of experienced science teachers. *Science Education*, 104(2), 290–325.
- Dolin, J., Black, P., Harlen, W. & Tiberghien, A. (2018). Exploring relations between formative and summative assessment. In J. Dolin & R. Evans (Hrsg.), *Transforming Assessment: Through an Interplay between Practice, Research and Policy* (S. 53–80). Springer.
- Finnish National Agency for Education. (2020). *Oppilaan oppimisen ja osaamisen arviointi: Perusopetuksen opetusuunnitelman perusteiden 2014 muutokset*. (Assessment of student learning and competence: Revisions for National Core Curriculum for Basic Education 2014.) https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen-arviointiluku-10-2-2020_2.pdf
- Grob, R., Beerenwinkel, A., Haselhofer, M., Holmeier, M., Stübi, C., Tsivitanidou, O. & Labudde, P. (2014). *Description of the ASSIST-ME assessment methods and competences* (No. D 4.7). Basel.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1), 81–112.
- Hazen, H. (2020). Use of oral examinations to assess student learning in the social sciences. *Journal of Geography in Higher Education*, 44(4), 592–607.
- Ketonen, L., Hähkiöniemi, M., Nieminen, P. & Viiri, J. (2020a). Pathways through peer assessment: Implementing peer assessment in a lower secondary physics classroom. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1465–1484.

- Ketonen, L., Nieminen, P. & Hähkiöniemi, M. (2020b). *How Do Lower-Secondary Students Exercise Agency during Formative Peer Assessment?* [Manuscript submitted for publication]. Department of teacher education, University of Jyväskylä.
- Ketonen, L., Nieminen, P. & Hähkiöniemi, M. (2020c). The development of secondary students' feedback literacy: Peer assessment as an intervention. *The Journal of Educational Research*, 1–18.
- Louca, L., Zacharia, Z. & Tzialli, D. (2012). Identification, interpretation – evaluation, response: An alternative framework for analyzing teacher discourse in science. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1823–1856.
- Nieminen, P., Hähkiöniemi, M. & Viiri, J. (2020). Forms and functions of on-the-fly formative assessment conversations in physics inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 1–23.
- Nybo, L. & May, M. (2015). Effectiveness of inquiry-based learning in an undergraduate exercise physiology course. *Advances in Physiology Education*, 39(2), 76–80.
- O'Leary, M. (2020). *Classroom observation: A guide to the effective observation of teaching and learning*. Routledge.
- Panadero, E., Brown, G. T. & Strijbos, J. W. (2016). The future of student self-assessment: A review of known unknowns and potential directions. *Educational Psychology Review*, 28(4), 803–830.
- Panadero, E. & Brown, G. T. (2016). Teachers' reasons for using peer assessment: positive experience predicts use. *European Journal of Psychology of Education*, 32(1), 133–156.
- Panadero, E., Romero, M. & Strijbos, J. W. (2013). The impact of a rubric and friendship on construct validity of peer assessment, perceived fairness and comfort, and performance. *Studies in Educational Evaluation*, 39(4), 195–203.
- Pearson. (2005). *Achieving student progress with scientifically based formative assessment: A white paper from Pearson*. Referenced in Bennett 2011.
- Roos, S., Lohbeck, A., Petermann, F., Petermann, U., Schultheiß, J., Nitkowski, D. & Petersen, R. (2016). Fremd- und Selbsturteile von Lehrern und Schülern im Rahmen psychologischer Diagnostik. *Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie*, 64(3), <https://doi.org/10.1024/1661-4747/a000279>
- Ruiz-Primo, M. A. (2011). Informal formative assessment: The role of instructional dialogues in assessing students' learning. *Studies in Educational Evaluation*, 37(1), 15–24.
- Ruiz-Primo, M. A. & Furtak, E. M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 57–84.
- Schermer, M. & Fosker, T. (2020). Reconsidering methods for systematic classroom observation: the measurement and analysis of categorical time-series observations. *International Journal of Research & Method in Education*, 43(3), 311–326.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Dickmann, M. (2016). Wie genau beurteilen Schülerinnen und Schüler ihre eigenen experimentellen Fähigkeiten? – Ein Ansatz zur praktikablen Diagnostik experimenteller Fähigkeiten im Unterrichtsalltag. *PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(15), 49–63.
- Shavelson, R. J., Yin, Y., Furtak, E. M., Ruiz-Primo, M. A., Ayala, C. C., Young, D. B. & Pottenger, F. (2008). On the role and impact of formative assessment on science inquiry teaching and learning. *Assessing science learning: Perspectives from research and practice*, 21–36.
- Shepard, L. A. (2019). Classroom assessment to support teaching and learning. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 683(1), 183–200.
- Shepherd, L. A. (2008). Formative assessment: Caveat emptor. In C. A. Dwyer (Hrsg.), *The Future of Assessment: Shaping Teaching and Learning* (S. 279–303). Erlbaum.

- Sluijsmans, D. (2002). *Student involvement in assessment. The training of peer assessment skills*. Datawyse/Universitaire Pers Maastricht. <https://research.ou.nl/ws/files/934563/dissertation%20Sluijsmans%20%202002.pdf>
- Stern, T. (2010). *Förderliche Leistungsbewertung*. Österreichisches Zentrum für Persönlichkeitsbildung und soziales Lernen.
- Talanquer, V., Bolger, M. & Tomanek, D. (2015). Exploring prospective teachers' assessment practices: Noticing and interpreting student understanding in the assessment of written work. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), 585–609.
- Topping, K. J. (1998). Peer assessment between students in colleges and universities. *Review of Educational Research*, 68, 249–276.
- Topping, K. J. (2005). Trends in peer learning. *Educational psychology*, 25(6), 631–645.
- Topping, K. J. (2009). Peer assessment. *Theory into Practice*, 48(1), 20–27.
- Tsivitanidou, O. E., Constantinou, C., Labudde, P., Rönnebeck, S., Ropohl, M. (2018). Reciprocal peer assessment as a learning tool for secondary school students in modelling-based learning. *European Journal of Psychology of Education*, 33(1), 51–73.
- Van Zundert, M., Sluijsmans, D. & van Merriënboer, J. (2010). Effective peer assessment processes: Research findings and future directions. *Learning and Instruction*, 20(4), 270–279.
- Vitale, M. R. & Romance, N. R. (2005). Portfolios in science assessment: A knowledge-based model for classroom practice. In J. J. Mintzes, J.D Nowak & J.H Wandersee (Hrsg.): *Assessing Science Understanding* (S. 167–196). Academic Press.
- Zell, E. & Krizan, Z. (2014). Do people have insight into their abilities? A metasynthesis. *Perspectives on Psychological Science*, 9(2), 111–125.

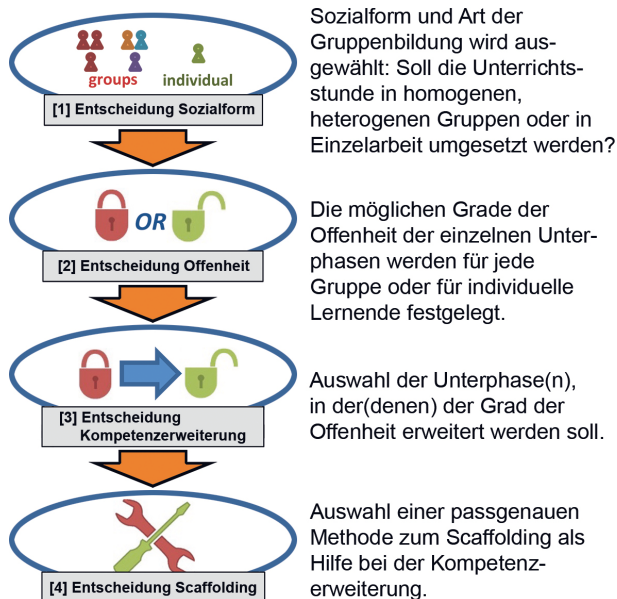
6 Differenzierungstool für Inquiry-based Learning

Armin Baur, Nikoletta Xenofontos, Pasi Nieminen,
Susanne Rohrmann

6.1 Einleitung

IBL erfordert im Unterricht eine Reihe komplexer Tätigkeiten, wie das Formulieren von Hypothesen, Planen von validen Experimenten, Sammeln und Auswerten von Daten und das Ziehen von Schlussfolgerungen (Abd-El-Khalick et al., 2004; Chen et al., 2018; Kirschner et al., 2006; Krajcik et al., 1998). In Kapitel 3 *Inquiry-based Learning* wird behandelt, warum der Lehr-Lern-Ansatz IBL beim Lehren und Lernen von Naturwissenschaften eingesetzt werden sollte. Um IBL in der Schule lernwirksam umzusetzen, ist es notwendig, die Schülerinnen und Schüler zu unterstützen. Dazu ist es wichtig, den Unterricht differenziert zu gestalten und Scaffolds anzubieten (siehe auch Kapitel 2: *Differenzierung und Scaffolding*). Es ist Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Lehrkräften wohl bekannt, dass effektives IBL nur mithilfe von Unterstützung (guidance) erfolgen kann (Alfieri et al., 2011; Hmelo-Silver et al., 2007; Quintana et al., 2004). Mit minimaler oder ohne Unterstützung können nur wenige Schülerinnen und Schüler erfolgreich IBL ausführen (Kirschner et al., 2006). Gleichzeitig muss es auch möglich sein, IBL für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler offen zu gestalten und bei allen Lernenden das IBL nach und nach weiter zu öffnen, sodass eine gute Passung zu den Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler besteht. Daher ist es wichtig, Schülerinnen und Schüler beim Ausführen von komplexen IBL-Prozessen durch Scaffolding zu unterstützen, sodass der Scaffold nach und nach zurückgenommen werden kann. In diesem Kapitel stellen wir ein Differenzierungskonzept für das IBL dar und führen in fünf Entscheidungsebenen ein, die Differenzierung beim IBL fördern. Für Differenzierung beim IBL müssen zuerst die Ziele für die Unterrichtsstunde geklärt werden. Dazu ist es nötig, den Inhaltsbereich (Wissensbereich) für die Unterrichtsstunde zu bestimmen (siehe Unterkapitel 6.2) und mit den Kompetenzen der Unterphasen beim IBL zu verknüpfen. Danach folgen vier wichtige Entscheidungen für den Differenzierungsprozess (siehe Abbildung 6.1 und Unterkapitel 6.3). Nach der Entscheidung über die Sozialform und Art der Gruppenbildung (*[1] Entscheidung der Sozialform*) folgen Entscheidungen über den Grad der Offenheit der einzelnen Unterphasen (*[2] Entscheidung der möglichen Offenheit*), die Entscheidung, welche Unterphasen im Unterricht weiter geöffnet werden sollen (*[3] Kompetenzerweiterung*)

Abb. 6.1: Differenzierungstool; siehe mehr hierzu in Abschnitt 6.3



und die Gestaltung des Scaffoldings, um die Öffnung zu unterstützen ([4] Entscheidung Scaffolding).

6.2 Bestimmung des Wissensbereichs des Unterrichts

Wie in Kapitel 3 *Inquiry-based Learning* erklärt, kann naturwissenschaftliches Wissen in vier Wissensbereiche unterschieden werden: prozeduraler Bereich, konzeptueller Bereich, epistemischer Bereich und sozialer Bereich (vgl. Duschl, 2008; Furtak et al., 2012; van Uum et al., 2016). Jeder Wissensbereich fokussiert das Lehren, Lernen und Ausführen unterschiedlicher Unterphasen des IBL-Kreislaufs in verschiedenen starken Ausprägungen. Die Lehrkraft wählt zuerst den Wissensbereich aus, der im Unterricht vorrangig angesprochen werden soll. Insgesamt ist es wichtig, alle Wissensbereiche abzudecken, aber in einer Unterrichtsstunde können nicht alle Bereiche gleichzeitig abgedeckt werden. Es ist daher sinnvoll, sich auf einen Bereich zu fokussieren. Die Fokussierung ist keine Priorisierung, aber notwendig, um eine erreichbare Anzahl von Lernzielen für eine Unterrichtsstunde festzulegen. Wenn man mit dem Experiment im Sinne von IBL einen Wissensbereich gezielt fördern möchte, muss vorher entsprechend eine Entscheidung getroffen werden. Die Wissensbereiche sind oft überlappend, zum Beispiel wird IBL verwendet, um einen neuen Inhalt zu erlernen (konzept-

tueller Bereich), aber im gleichen Lernprozess sind Kompetenzen zum Erkenntnisgewinn notwendig und müssen gegebenenfalls ausgebaut werden (prozeduraler Bereich). Die Lehrkraft kann (muss) wählen, was mehr Platz im Unterricht einnimmt: die Diskussion und Vertiefung des Verständnisses der Inhalte oder die Diskussion und Vertiefung des Verständnisses des Untersuchungsprozesses. Beides in gleicher Tiefe umzusetzen, ist schwer möglich und nicht empfehlenswert. Wie bereits erwähnt, sollte der Fokus auf die vier Wissensbereiche in der Summe aller Unterrichtsstunden nahezu ausgewogen sein.

Prozeduraler Bereich

Der prozedurale Bereich bezieht sich auf Kompetenzen zur Planung und Durchführung von Untersuchungen (Heuristiken). Untersuchungen (Methoden zum Erkenntnisgewinn) beinhalten das Aufstellen naturwissenschaftlicher Fragen, das Planen von Experimenten, das Ausführen von Untersuchungsvorgängen und das Darstellen von Daten (Furtak et al., 2012). Daher müssen die Unterphasen *Orientierung*, *Fragestellung*, *Hypothesengenerierung*, *Planung und Ausführung von Untersuchungen*, *Dateninterpretation* und *Schlussfolgerung* explizit in den IBL-Prozess im Unterricht einbezogen werden (siehe Abbildung 6.2). Dabei ist es wichtig, dass die Unterphasen ausführlich erklärt werden, sodass die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis dafür entwickeln können, vor allem wenn sie bisher nicht über ausreichenden Kompetenzen verfügen. Die anderen Unterphasen können in einer weniger stark expliziten Weise durchlaufen werden. Um für jede der genannten Unterphasen Kompetenzen im prozeduralen Bereich zu entwickeln, sind Differenzierung und Scaffolding notwendig. Nach unserer Einschätzung können die Unterphasen *Kommunikation* und *Reflexion* hilfreich für den gesamten Lernprozess sein, sind aber für diesen Wissensbereich nicht in Form von zeitlich stark ausgeprägten Klassengesprächen (im Plenum) essenziell. Im Einklang mit den Zielen des Wissensbereichs sollen die Schülerinnen und Schüler lernen, Forschungsfragen zu formulieren, Hypothesen aufzustellen, Untersuchungen zu planen, mit Laborgeräten umzugehen und Schlussfolgerungen zu ziehen.

Konzeptueller Bereich

Der konzeptuelle Wissensbereich beinhaltet Wissen über natürliche Systeme und Phänomene. Ein Wissen über natürliche Systeme und Phänomene (Fakten, Theorien und Prinzipien der Wissenschaft) ist das erwartete inhaltliche Lernergebnis (inhaltliche Kompetenzen), das durch den naturwissenschaftlichen Unterricht von den Schülerinnen und Schülern aufgebaut wird (Furtak et al., 2012). Prozedurale Kompetenzen, die in Beziehung zu den Unterphasen *Fragestellung*, *Hypothesengenerierung*, *Planung und Ausführung* [einer] *Untersuchung* und *Dateninterpretation* stehen, sind keine zentralen Kompetenzen unter der konzeptuellen Perspektive. In Abbildung 6.2 werden Unterphasen gekennzeichnet, die

Abb. 6.2: Gewichtung der Unterphasen in Bezug auf die unterschiedlichen Wissensbereiche; [+] bedeutet, dass viel Unterrichtszeit hierfür eingeplant werden sollte; [-] bedeutet, dass wenig Unterrichtszeit hierfür eingeplant werden muss

		Prozeduraler Bereich	Konzeptueller Bereich	Epistemischer Bereich	Sozialer Bereich
	Orientierung	[+]	[+]	[-]	[-]
Konzeptualisierung	Fragestellung	[+]	[-]	[-]	[-]
	Hypothesengenerierung	[+]	[-]	[-]	[-]
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	[+]	[-]	[-]	[-]
	Dateninterpretation	[+]	[-]	[-]	[-]
	Schlussfolgerung	[+]	[+]	[-]	[-]
Diskussion	Kommunikation	[-]	[-]	[+]	[+]
	Reflexion	[-]	[-]	[+]	[+]

essenziell für den Aufbau von konzeptuellem Wissen sind. Im Zentrum des konzeptuellen Wissensbereichs stehen die *Orientierung* und *Schlussfolgerung*. In der Unterphase *Orientierung* werden die Schülerinnen und Schüler an ein Phänomen herangeführt oder sie machen sich selbst mit einem Phänomen vertraut. In der Unterphase *Schlussfolgerung* erwachsen neue Einblicke oder es erfolgt eine Veränderung von Präkonzepten. Alle anderen Unterphasen, die keine vorrangigen Unterphasen des konzeptionellen Bereichs sind, werden in Abbildung 6.2 grau und mit einem „[-]“ dargestellt.

Epistemischer Bereich

Der epistemische Wissensbereich bezieht sich hauptsächlich auf die Natur der Naturwissenschaften (*Nature of Science, NOS*). Der Fokus liegt auf dem Lehren und Lernen darüber, wie naturwissenschaftliches Wissen entsteht. D.h. ein Verständnis darüber, welchen Prozessen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler

bei der Durchführung ihrer Arbeit folgen und wie ihre wissenschaftlichen Forschungsergebnisse validiert werden. Unter diesem Blickwinkel sind Erkenntnisse, die Schülerinnen und Schüler selber durch eigene Untersuchungen sammeln, bedeutend (Furtak et al., 2012). Die K-12-Standards für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den USA (NRC, 2012) verwenden den Begriff *Scientific Practices*, um zu betonen, dass wissenschaftliche Untersuchungen nicht nur Fähigkeiten, sondern auch Wissen über die Methoden erfordern. Im IBL-Kontext beginnt eine naturwissenschaftliche Untersuchung immer mit einer naturwissenschaftlichen Frage und/oder einer Untersuchungshypothese, die zu den nachfolgenden Phasen führt. Hier gilt es zu erwähnen, dass die Methoden zum Ausführen von Untersuchungen unterschiedlich sein können (siehe Kapitel 4). Der Prozess, dem man folgen muss, muss jedoch in Übereinstimmung mit der Forschungsfrage sein, Ergebnisse müssen zu den gesammelten Daten passen und auf der Grundlage dessen, was bereits bekannt war, diskutiert werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Aufbau von epistemischem Wissen im Unterricht ist, dass Schülerinnen und Schüler ein Verständnis aufbauen, wie sich wissenschaftliche Erkenntnisse im Laufe der Zeit entwickeln und wie neue Daten dem Bekannten widersprechen können.

Wie man oben sehen kann (Abb. 6.2), kann der epistemische Bereich in alle Unterphasen von IBL eingebunden werden. Wir sind jedoch der Meinung, dass es besser ist, den epistemischen Aspekt beim IBL in Form von Reflexionen und kritischem Denken während der Diskussionen, die im Unterricht stattfinden, einzubinden, insbesondere wenn die Schülerinnen und Schüler ihre Forschungsergebnisse miteinander teilen. Daher stehen für den epistemischen Wissensbereich die Unterphasen *Kommunikation* und *Reflexion* im Zentrum des Interesses. Gemäß dem in Kapitel 3 beschriebenen pädagogischen Rahmen des IBL-Kreislaufs sind die mit den Unterphasen *Kommunikation* und *Reflexion* verbundenen Aktivitäten in jede andere Phase des IBL-Kreislaufs oder am Ende des Kreislaufs integriert (siehe hierzu Kapitel 3, Abb. 3.3).

Sozialer Bereich

Der soziale Wissensbereich beinhaltet kollaborative und kommunikative Prozesse, die bei der Konstruktion von naturwissenschaftlichem Wissen eingesetzt werden (Furtak et al., 2012). Wie oben bereits beschrieben, bedeutet die Zuweisung von Phasen zu einem Wissensbereich nicht, dass diese Phasen nicht auch für andere Bereiche wichtig sind. Sehr deutlich wird dies beispielsweise für die Zusammenarbeit in der Gruppe, bei der Kommunikation und der Diskussion von Untersuchungsergebnissen. Wie weiter oben ebenfalls bereits beschrieben, sind nur begrenzt viele Lernziele in einer Unterrichtsstunde erreichbar. Die verschiedenen Bereiche zeigen lediglich die Richtung der Lernziele zur Förderung von Kompetenzen an, die im Mittelpunkt des Unterrichts stehen. Der soziale Wissensbereich beinhaltet Lernziele, um Kompetenzen zum kritischen Denken

und Prüfen (der eigenen Arbeit und der Arbeit von anderen) sowie um Kompetenzen zum Austausch von Ergebnissen und zum Arbeiten in der Gruppe zu erwerben. Lernen ist aus konstruktivistischer Sicht ein aktiver und sozialer Prozess (Walker, 2015). Aktiv bedeutet, dass sich Schülerinnen und Schüler Wissen selbst aufbauen (Schnotz, 2011). Dieser Prozess ist auch sozial, da Schülerinnen und Schüler hierbei auch andere Perspektiven einnehmen sollten, um Lücken, Fehler, Schwierigkeiten im eigenen Lernen bemerken zu können und um neue, kreative Wege zu eröffnen (Neubert et al., 2001). Kollaboration und Kommunikation bieten Möglichkeiten, eine andere Perspektive einzunehmen. Daher liegt der Schwerpunkt bei der Förderung des sozialen Wissensbereichs auf den Unterphasen *Kommunikation* und *Reflexion* (siehe Abbildung 6.2).

6.3 Differenzierungstool

Nach der Entscheidung, welcher Wissensbereich im Unterricht angesprochen wird, müssen Entscheidungen im Zusammenhang mit der Differenzierung getroffen werden. Es gibt vier „Orte“ im Prozess der Planung der Differenzierung, in denen man entscheiden muss: [1] Entscheidung der Sozialform; [2] Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen; [3] Entscheidung über die Unterphasen, die weiter geöffnet werden sollen (Kompetenzerweiterung); [4] Entscheidung über Methoden für das Scaffolding. Alle diese Entscheidungen sind auf Diagnostik (Prä-Diagnostik: im Vorhinein durchgeführte Diagnosen) begründet, durch die das Wissen und die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erhoben werden. Beschreibungen zur Diagnostik sind im Abschnitt 6.4 eingebunden.

[1] Entscheidung der Sozialform

Das beabsichtigte Setting der Unterrichtsstunde muss ausgewählt werden. Wir haben hier neben der Wahl der Sozialform auch die Entscheidung



über die Gruppenbildung berücksichtigt. Soll die Erarbeitung in der Stunde in homogenen Gruppen, heterogenen Gruppen oder in Einzelarbeit erfolgen?

Mit Blick auf die unterschiedlichen Unterphasen sind Schülerinnen und Schüler einer Klasse sehr verschieden in ihren Kompetenzen. Es ist nun die erste Entscheidung, ob man Schülerinnen und Schüler mit nahezu gleichen Kompetenzen einer jeweiligen Gruppe zuteilt (homogene Gruppen), ob man heterogene Gruppen bildet oder die Schülerinnen und Schüler einzeln arbeiten lässt. Im Gegensatz zur Einzelarbeit werden in der Gruppenarbeit soziale Aspekte in das Unterrichtsgeschehen integriert. Die Schülerinnen und Schüler müssen zusammenarbeiten und ihre Ideen beim Planen, Ausführen und Überprüfen ihrer Arbeit austauschen. In heterogenen Gruppen können leistungsstärkere Schüle-

rinnen und Schüler andere Schülerinnen und Schüler coachen. Der Vorteil von homogenen Gruppen ist die Möglichkeit, Aufgaben mit einem für alle Gruppenmitglieder angemessenen Niveau der Komplexität einzuplanen. Beim Arbeiten in Einzelarbeit ist es möglich, auf die individuellen Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler einzugehen. Jede Form bietet Vor- und Nachteile. Daher muss die geeignete Form unter Beachtung der Klasse und des Inhalts ausgewählt werden.

[2] Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen



Die mögliche Offenheit der Unterphasen (*Orientierung, Fragestellung, Hypothesengenerierung* ...) für jede Gruppe oder für jeden individuell arbeitenden Lernenden muss ausgewählt werden (Grad der Offenheit, welche die Schülerinnen und Schüler ohne Hilfe/Unterstützung handhaben können). Ganz egal, ob die erste Differenzierungsentscheidung (Entscheidung für Sozialform) zu individuell arbeitenden Schülerinnen und Schülern, zu homogenen Gruppen oder zu heterogenen Gruppen führt, immer bezieht sich die nächste Entscheidung für jede Gruppe oder jeden Lernenden, auf die Frage, welcher Grad der Offenheit in jeder Unterphase möglich ist. Im Gegensatz zur Auswahl der geeigneten Grade der Offenheit für individuell arbeitende Lernende und homogene Gruppen ist es schwieriger, diese Auswahl für heterogene Gruppen zu treffen. Insgesamt gibt es drei Möglichkeiten, die geeigneten Grade der Offenheit für heterogene Gruppen auszuwählen:

- **Möglichkeit 1:** Die Lehrkraft achtet auf die Kompetenzen der leistungsschwächsten Schülerinnen und Schüler und wählt ausgehend von diesen die Grade der Offenheit aus. Vorteil: Keine Schülerin/kein Schüler wird überfordert. Nachteil: Einige der Schülerinnen und Schüler können unterfordert sein.
- **Möglichkeit 2:** Die Lehrkraft achtet auf die Kompetenzen der leistungsstärksten Schülerinnen und Schüler und wählt ausgehend von diesen die Grade der Offenheit aus. Die leistungsstarken Schülerinnen und Schüler haben dann die Aufgabe, als Mentorinnen und Mentoren zu agieren und die anderen Schülerinnen und Schüler zu coachen. Vorteil: Keine Schülerin und kein Schüler wird unterfordert. Nachteil: Die leistungsstarken Schülerinnen und Schüler haben viele Aufgaben (Mentorin/Mentor sein und über den IBL-Prozess nachdenken). Leistungsschwache Schülerinnen und Schüler könnten überfordert sein.
- **Möglichkeit 3:** Die Lehrkraft achtet auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im mittleren Leistungsfeld und wählt ausgehend von diesen die Grade der Offenheit aus. Die leistungsstarken Schülerinnen und Schüler haben die Aufgabe, als Mentorinnen und Mentoren zu agieren und die anderen Schülerinnen und Schüler zu coachen. Vorteil: Keine Schülerin und

kein Schüler wird unterfordert und die Aufgaben (Mentorin/Mentor sein und über den IBL-Prozess nachdenken) werden gleichmäßig unter den Schülerinnen und Schülern aufgeteilt. Nachteil: Leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler könnten möglicherweise überfordert werden.

Beispiel 6.1

Phänomen: Vögel spreizen im Winter ihre Federn weiter vom Körper ab, sie plustern sich auf. Dies bewirkt einen dickeren Luftfilm zwischen den Federn und führt dadurch zu einer besseren Isolation. Eine Forschungsfrage könnte hierzu sein: „Warum spreizen Vögel ihre Federn im Winter stärker vom Körper ab?“

Abb. 6.3: Linkes Bild: Rotkehlchen im Sommer, Bild von: The OtherKev, 2020; rechtes Bild: Rotkehlchen im Winter, Bild von: Eckehard Jagdmann, 2016. Beide Bilder verfügbar auf Pixabay (License for free commercial use)



Wenn wir exemplarisch auf die beiden Unterphasen *Hypothesengenerierung* und *Planen und Ausführen* [einer] *Untersuchung* blicken, können die Schülerinnen und Schüler der unterschiedlichen Gruppen sehr verschieden in ihren Kompetenzen sein (für dieses Beispiel schauen wir nur detailliert auf diese beiden Unterphasen). Im Beispiel werden lediglich zwei Gruppen einbezogen (für das Beispiel ist es irrelevant, ob Gruppen homogen oder heterogen sind).

Aufgrund des Leistungsstandes der jeweiligen Lernenden entscheidet die Lehrkraft, dass es für die Gruppe 1 möglich ist, Hypothesen in einem *geöffneten* Format zu formulieren. Das geöffnete Format zeigt sich darin, dass die Schülerinnen und Schüler der Gruppe 1 eine Hypothese mithilfe von Wortkarten formulieren (Wortkarten könnten „Luft“ und „Isolation“ sein). Für die Gruppe 2 wird ein *leicht geöffnetes* Format ausgewählt. Die Schülerinnen und Schüler der Gruppe 2 sind in der Lage, aus einer Auswahl (einem Pool) an Hypothesen, eine plausible Hypothese auszuwählen (die Auswahl könnte folgende Hypothesen beinhalten: „Ein dickerer Luftfilm führt zu einer besseren Isolation.“ – „Abgestellte Federn

schützen die Federn vor dem Nasswerden.“ – „Das Abstreifen von Federn ist ein Verhalten, um einen Partner zu finden.“).

Die Lehrkraft entscheidet, dass es für Gruppe 1 möglich ist, ein Experiment in einem *offenen* Format zu planen und Gruppe 2 kann ein *leicht geöffnetes* Format bewältigen. Die Lehrkraft könnte für Gruppe 2 beispielsweise Material anbieten, mit dem die Schülerinnen und Schüler ein Experiment selbst planen (Material könnte sein: zwei unterschiedlich große Bechergläser, zwei gleiche Portionen Federn, heißes Wasser, Reagenzgläser und Thermometer).

Solche Entscheidungen müssen auch für alle anderen Unterphasen getroffen werden. Dies führt für unsere beiden Gruppen zu zwei unterschiedlichen Mustern (siehe Abbildung 6.4).

Abb. 6.4: Muster der Beispielgruppen



		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
Konzeptualisierung	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● Gruppe 1

● Gruppe 2

Es gibt verschiedene Methoden, um Schülerinnen und Schüler bei den Graden der Offenheit zu unterstützen. Im Folgenden werden verschiedene Methoden dargestellt (siehe Tabelle 6.1). Diese Beispiele sollen die Leserin und den Leser anregen und ermutigen, sich weitere geeignete Methoden zu überlegen.

Tabelle 6.1: Methoden zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern bei den Graden der Offenheit – Fortsetzung nächste Seiten

Unterphase	Offenheit	Idee/Methode
	geschlossen	<ul style="list-style-type: none"> Die Lehrkraft beschreibt ein Phänomen. Beispiel: „Im Winter spreizen Vögel ihre Federn weiter von ihrem Körper ab als im Sommer, dadurch ist mehr Luft zwischen den Federn. Was könnte der Grund für dieses Phänomen sein?“ Den Schülerinnen und Schülern werden Bilder (Abb. 6.5) und ein kurzer Text gegeben: Im Sommer hat das Rotkehlchen seine Federn in der Nähe des Körpers. Im Winter sieht der Vogel kugelförmiger (aufgeplustert) aus, weil er seine Federn vom Körper abspreizt. Dadurch kann mehr Luft zwischen den Federn eingeschlossen werden.
leicht geöffnet		<ul style="list-style-type: none"> Präsentation eines Phänomens (real, mit Film, mit Bildern) mit Hinweisen (siehe Abbildung 6.5 als Beispiel).
		<p>Abb. 6.5: Phänomen mit Hinweisen Linkes Bild von: The OtherKey, 2020; rechtes Bild von: Eckehard Jagdmann, 2016. Beide Bilder verfügbar auf Pixabay (License for free commercial use); Bilder wurden bearbeitet</p> 
Orientierung		<ul style="list-style-type: none"> Präsentation eines Phänomens (real, mit Bildern) und Wortkarten. Die Lernenden legen die richtigen Wortkarten auf das Phänomen (siehe Abbildung 6.6 als Beispiel). <p>Abb. 6.6: Phänomen mit Wortkarten Linkes Bild von: The OtherKey, 2020; rechtes Bild von: Eckehard Jagdmann, 2016. Beide Bilder verfügbar auf Pixabay (License for free commercial use)</p> 

Unterphase	Offenheit	Idee/Methode
	geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> • Präsentation eines Phänomens (real, mit Film, mit Bildern) mit Denkanstößen. Beispiel: Worin unterscheiden sich die beiden Bilder (Abb. 6.3)? Darstellung realer Phänomene und eines falschen Bildes zu den Phänomenen. Die Lernenden haben die Aufgabe, die Fehler im Bild zu finden. • Die Lehrkraft zeigt eine Filmsequenz, in der unterschiedliche Vögel im Sommer (ohne aufgeplusterte Federn) und im Winter (mit aufgeplusterten Federn) zu sehen sind und zeigt danach zwei Bilder, eines mit einem Vogel im Winter und einem im Sommer, beide haben angelegte (nicht aufgeplusterte) Federn.
	offen	<ul style="list-style-type: none"> • Präsentieren eines Phänomens mithilfe eines kommentarlosen Films. • Kommentarlos Präsentieren eines Phänomens mithilfe von zwei Bildern (siehe als Beispiel Abbildung 6.3). • Die Lernenden explorieren mit vorgegebenem Material und entdecken dabei Phänomene. Das Explorieren eignet sich nicht für das Vogel-Beispiel, daher wird an dieser Stelle auf ein anderes Beispiel zurückgegriffen: Die Lernenden dürfen weiße Pulver (Salz, Zucker, Backpulver, Waschpulver, Zitronensäure-Pulver) in Wasser mischen. In einigen Versuchen entsteht Schaum.
	geschlossen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Forschungsfrage wird von der Lehrkraft vorgegeben. Beispiel: „Spreizen Vögel ihre Federn im Winter zur Wärmeisolation ab?“
	leicht geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schülerinnen und Schüler wählen eine Forschungsfrage zum Experimentieren aus einem Pool an Fragen aus. • Die Schülerinnen und Schüler setzen eine Frage aus gegebenen Wortkarten zusammen (alle Elemente, die zum Aufbau möglicher Fragen benötigt werden, werden bereitgestellt).
Fragestellung	geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> • Den Schülerinnen und Schülern werden ausgewählte Wortkarten angeboten (beispielsweise die unabhängige und abhängige Variable des Phänomens oder nur eine von beiden). • Die Schülerinnen und Schüler formulieren in Gruppenarbeit Forschungsfragen. Die Lehrkraft diskutiert mit den einzelnen Gruppen, ob die formulierten Fragen naturwissenschaftliche Fragen sind oder nicht, und hilft gegebenenfalls beim Verbessern (zum Experimentieren müssen Kausalfragen gestellt werden).
	offen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schülerinnen und Schüler stellen ihre eigenen Fragen. Nur wenn vorgeschlagene Fragestellungen in der Schule nicht bearbeitet werden können, sortiert die Lehrkraft zusammen mit den Lernenden Fragestellungen aus.
Hypothesengenerierung	geschlossen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrkraft gibt die zu untersuchende Hypothese vor.
	leicht geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schülerinnen und Schüler wählen eine Hypothese oder mehrere Hypothesen aus einem Pool an Hypothesen aus. • Die Schülerinnen und Schüler stellen eine Hypothese aus vorgegebenen Wortkarten zusammen (alle Elemente, die für die Formulierung möglicher Hypothesen benötigt werden, werden bereitgestellt). • Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen Satzbeginn, der zu einer Hypothese führt: Ich vermute, dass ...; Wenn ... führt das dazu, dass ...; Wenn ... dann ...

Unterphase	Offenheit	Idee/Methode
Hypothesengenerierung	geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> • Es werden Wortkarten angeboten (beispielsweise unabhängige und abhängige Variable oder nur eine davon). Die Schülerinnen und Schüler verwenden die Karten und denken über die anderen Wörter nach, die für die Formulierung einer Hypothese benötigt werden • Die Lehrkraft formuliert eine mögliche Hypothese als Beispiel und die Schülerinnen und Schüler formulieren weitere Hypothesen. Auch diese Methode eignet sich nicht perfekt für das Vogelbeispiel. Daher wird an dieser Stelle ein anderes Beispiel zur Illustration verwendet: Die Faktoren für die Keimung sollen identifiziert werden. Die Lehrkraft bietet die Hypothese „Wärme ist für die Keimung notwendig“ an und ermutigt die Schülerinnen und Schüler, weitere Hypothesen zu finden.
	offen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schülerinnen und Schüler formulieren eine mögliche Hypothese bzw. mehrere Hypothesen.
	geschlossen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrkraft gibt eine Anleitung vor und erklärt diese. • Die Schülerinnen und Schüler erhalten ein Arbeitsblatt mit einer Materialliste, einem Bild oder einer Zeichnung des Versuchsaufbaus und den Anweisungen zur Durchführung des Experiments. Sie erhalten auch das komplette Material, das für das Experiment notwendig ist.
Planung und Ausführung Experiment	leicht geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schülerinnen und Schüler wählen eine Anleitung aus einem Pool an vorgegebenen Anleitungen (Anleitungen für unterschiedliche Experimente zur Fragestellung. Die Lernenden müssen entscheiden, welches zur Hypothese passt und welches in der Schule umsetzbar ist). • Die Lehrkraft bietet Materialien an. Die Schülerinnen und Schüler müssen alle Materialien verwenden und damit eigenständig ein Experiment planen. <p><i>Aus Sicherheitsgründen muss die Lehrkraft den Entwurf des Experiments überprüfen, bevor die Schülerinnen und Schüler mit der Arbeit beginnen!</i></p>
	geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrkraft bietet einen Materialpool an. Für die Durchführung des Experimentes sind nicht alle Materialien zwingend notwendig bzw. sinnvoll. • Die Lehrkraft bietet wenige Materialien an (als Impuls). Die Schülerinnen und Schüler müssen sich die weiteren Materialien selbst überlegen. <p><i>Aus Sicherheitsgründen muss die Lehrkraft den Entwurf des Experiments überprüfen, bevor die Schülerinnen und Schüler mit der Arbeit beginnen!</i></p>
	offen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schülerinnen und Schüler planen selbstständig, ohne Hilfe, ein Experiment und führen dieses durch. <p><i>Aus Sicherheitsgründen muss die Lehrkraft den Entwurf des Experiments überprüfen, bevor die Schülerinnen und Schüler mit der Arbeit beginnen!</i></p>

Unterphase	Offenheit	Idee/Methode
Dateninterpretation	geschlossen	<ul style="list-style-type: none"> Die Lehrkraft erhält die Daten der Schülerinnen und Schüler und zeigt auf, wie man diese darstellen kann (Tabelle, Linien-, Balkendiagramm oder eine andere grafische Darstellung). Die Lehrkraft stellt den Zusammenhang der Variablen heraus (den Trend der Daten: wie reagiert Y, wenn sich X verändert) und erklärt ihn den Schülerinnen und Schülern.
	leicht geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler stellen ihre Beobachtungen der Klasse vor. Die Zusammenhänge der Variablen (Trend der Daten) werden im Unterrichtsgespräch herausgearbeitet. Das Gespräch wird sehr stark von der Lehrkraft angeleitet. Die Schülerinnen und Schüler interpretieren ihre Daten in ihren Gruppen mithilfe einer Checkliste: (1) Hat die vermutete Variable eine positive Wirkung (je mehr desto mehr) auf die Messvariable? JA/NEIN; (2) Hat die vermutete Variable eine negative Wirkung (je mehr desto weniger) auf die Messvariable? JA/NEIN; (3) Ist es möglich, eine Schlussfolgerung aus der Beobachtung abzuleiten? JA/NEIN
	geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Beobachtungen. Beziehungen zwischen Variablen werden in einer Klassendiskussion erörtert (das Gespräch wird von der Lehrkraft „leicht“ geleitet). Die Schülerinnen und Schüler interpretieren die Daten in ihren Gruppen mithilfe von Denkanstößen: Hat die unabhängige Variable (vermutete Variable) eine offensichtliche Wirkung oder keine offensichtliche Wirkung auf die abhängige Variable (Messvariable)? Welche Art von Beziehung gibt es zwischen den Variablen?
	offen	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler interpretieren die Daten ohne Hilfe: Sie wählen eine grafische Darstellung der Daten selbst aus. Sie interpretieren die dargestellten Daten und zeigen und diskutieren die Beziehungen zwischen den Variablen.
Schlussfolgerung	geschlossen	<ul style="list-style-type: none"> Die Lehrkraft zieht Schlussfolgerungen. Sie präsentiert einen gut formulierten Satz, der die Ergebnisse des Experiments zusammenfasst und eine Antwort auf die Forschungsfrage beinhaltet. Auch die Entscheidung über die Bestätigung oder Zurückweisung der Hypothese wird von der Lehrkraft getroffen oder stark angeleitet.
	leicht geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre ersten Gedanken für die Schlussfolgerung (Gedanken, ob die Hypothese bestätigt ist, ob die Frage beantwortet ist). Die Schlussfolgerung wird im Plenum diskutiert, das Gespräch wird stark von der Lehrkraft angeleitet. Denkanstöße werden angeboten: (1) Wenn die Hypothese richtig ist, in welchen Ansätzen müsste man ... sehen und in welchen nicht?; (2) Vergleich eure Überlegungen aus (1) mit den Beobachtungen; (3) Ist eure Hypothese belegt/widerlegt?
	geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre ersten Gedanken zur Schlussfolgerung (Gedanken, ob die Hypothese bestätigt ist, ob die Frage beantwortet ist). Die Schlussfolgerung wird im Plenum diskutiert, das Gespräch wird von der Lehrkraft nur im Bedarfsfall geleitet. Die Schülerinnen und Schüler ziehen in ihren Gruppen Schlussfolgerungen, unterstützt durch Denkanstöße: Ist die Hypothese belegt? Ist die Frage beantwortet?
	offen	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler formulieren ohne Hilfe in ihren Gruppen Schlussfolgerungen. Sie legen fest, ob die Hypothese belegt oder widerlegt ist und beantworten die Forschungsfrage.

Unterphase	Offenheit	Idee-/Methode
Kommunikation	geschlossen	<ul style="list-style-type: none"> Die Lehrkraft stellt geschlossene Fragen. Die Schülerinnen und Schüler antworten mit JA und NEIN. Die Kommunikation ist lehrerzentriert. Die Rolle der Schülerinnen und Schüler ist es, zuzuhören und Fragen zu stellen.
	leicht geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Ergebnisse mithilfe von vorgegebenen Strukturen zur Präsentation. Die Schülerinnen und Schüler werden von älteren oder leistungsstarken Schülerinnen und Schülern beim Vorbereiten der Präsentation unterstützt/angeleitet (Coaching).
	geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Ergebnisse im Plenum und die Lehrkraft moderiert lediglich das Gespräch. Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Ergebnisse im Plenum und andere Schülerinnen und Schüler moderieren das Gespräch.
	offen	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihr Experiment und ihre Ergebnisse der Klasse ohne Hilfe.
	geschlossen	<ul style="list-style-type: none"> Die Lehrkraft reflektiert das Experiment und die Ergebnisse.
Reflexion	leicht geöffnet	<ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler verwenden eine Liste mit Fragen zur Reflexion. Beispiele: (1) Ist die Frage eine Forschungsfrage?; (2) Ist die Hypothese geeignet?; (3) Würde die Variablenkontrollstrategie eingesetzt?; (4) Gibt es Messwiederholungen? (5); Ist die Schlussfolgerung valide?; (6) Die Schülerinnen und Schüler verwenden eine Checkliste für die Reflexion (siehe Abbildung 6.7 als Beispiel).
	geöffnet	<p>Prüft die folgenden Punkte, um zu sehen, ob ein Fehler vorhanden ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Frage <input type="checkbox"/> Hypothese <input type="checkbox"/> Aufbau des Experiments <input type="checkbox"/> Messungen <input type="checkbox"/> Schlussfolgerung
	offen	<p>Abb. 6.7: Checkliste</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler reflektieren im Plenum und die Lehrkraft moderiert die Reflexion. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren in ihren Arbeitsgruppen. Sie werden von älteren oder leistungsstarken Schülerinnen und Schülern unterstützt/angeleitet (Coaching). Die Schülerinnen und Schüler reflektieren ohne Hilfe über ihre Experimente und ihre Ergebnisse.

[3] Entscheidung über die Kompetenzerweiterung



Um die Schülerinnen und Schüler dahingehend auszubilden, dass sie die notwendigen Kompetenzen erwerben, um in verschiedenen Unterphasen in einer komplett offenen Form arbeiten zu können, und ihnen dabei zu helfen, Naturwissenschaften als einen Weg zur Generierung von Wissen zu sehen, ist Scaffolding notwendig (Metz, 2004). Kompetenzen zum Planen und Ausführen von Experimenten werden nicht alleine durch das einfache Durchführen von Experimenten erlangt (Bell et al., 2003). Übungen und Erklärungen sind notwendig, um die Kompetenzen zum Experimentieren bei den Schülerinnen und Schülern zu entwickeln (Baur et al., 2019). In dieser Hinsicht ist zuerst eine Entscheidung darüber wichtig, welche Unterphase(n) in der geplanten Unterrichtsstunde besonders adressiert – weiter geöffnet – werden sollen. Diese Adressierung soll die Lernenden darin unterstützen, ihre Kompetenzen schrittweise zu erweitern. Die Auswahl der Unterphase(n) kann für jede Gruppe oder jeden Lernenden unterschiedlich sein. Der mögliche Grad der Offenheit (festgestellt in der zweiten Entscheidung: [2] *Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen*) wird dann in den nun ausgewählten Unterphasen für eine Gruppe oder eine Schülerin/einen Schüler mithilfe von Scaffolding (siehe [4] *Entscheidung Scaffolding*) zum nächsten Offenheitsgrad überführt. Es erscheint sinnvoll, in einer Gruppe bzw. bei einzelnen Lernenden nur eine oder zwei Unterphasen im Öffnungsgrad zu erweitern. Es gibt zwei Möglichkeiten (Wege), die Auswahl der Unterphasen in Bezug auf die Kompetenzerweiterung in einer Klasse umzusetzen:

- **Möglichkeit 1:** Für jede Gruppe (oder bei Einzelarbeit für alle Schülerinnen und Schüler der Klasse) wird die gleiche Unterphase für die Kompetenzerweiterung ausgewählt. Vorteil: Die Lehrkraft kann sich bei der Auswahl und Erstellung von Scaffolds und bei der Diagnose der Schülerinnen und Schüler auf nur eine Unterphase konzentrieren. Nachteil: Vielleicht könnten einige Gruppen (individuell arbeitenden Schülerinnen und Schüler) schon in der gewählten Phase komplett offen arbeiten oder benötigen in der Phase noch eine stark geschlossene Form und werden dann unter- bzw. überfordert.
- **Möglichkeit 2:** Für unterschiedliche Gruppen (individuell arbeitende Schülerinnen und Schüler) können unterschiedliche Unterphasen für die Kompetenzerweiterung ausgewählt werden. Vorteil: Jede Gruppe (individuell arbeitende Schülerinnen und Schüler) kann (können) dabei unterstützt werden, Kompetenzen auszubilden, die für sie wichtig und geeignet sind. Nachteil: Für eine Lehrkraft kann es eine Herausforderung sein, für jede Gruppe (individuell arbeitende Schülerinnen und Schüler) verschiedene Unterphasen zu betrachten und Scaffolds für verschiedene Unterphasen bereitzustellen. Auch gemeinsame Reflexionen im Unterricht über verschiedene Unterphasen

können zeitintensiv und für die Schülerinnen und Schüler möglicherweise verwirrend sein.

Beispiel 6.2

In unserem Beispiel ist der Inhalt, zu dem experimentiert wird, gut geeignet, um die Kompetenzen der Gruppe 1 im Hypothesengenerieren auszuweiten. Das Ziel der geplanten Unterrichtsstunde ist es, den Mitgliedern dieser Gruppe dabei zu helfen, zu einer offenen Form zu kommen. Für alle anderen Unterphasen entschließt sich die Lehrkraft in unserem Beispiel, die Grade der Offenheit nicht zu erweitern. Für Gruppe 2 sieht die Lehrkraft in unserem Beispiel den Inhalt, zu dem experimentiert wird, als geeignet an, um die Kompetenzen zum Planen von Experimenten auszubauen. Darüber hinaus soll keine weitere Unterphase für diese Gruppe in ihrer Offenheit erweitert werden. Im Beispiel ist also die oben beschriebene *Möglichkeit 2* gewählt. Die Lehrkraft wählte für die Gruppe unterschiedliche Unterphasen aus, die weiter geöffnet werden sollen.

Abb. 6.8: Überführung zum nächsten Offenheitsgrad

		0 geschlossen	1 leicht geöffnet	2 geöffnet	3 offen
	Orientierung	Lernende wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

Anleitung Lehrkraft
Selbstständigkeit Lernende

[4] Entscheidung über Methoden zum Scaffolding



Die letzte Entscheidung im Differenzierungsprozess ist die Auswahl von geeigneten Methoden für das Scaffolding, um die Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, in den ausgewählten Unterphasen ihre Kompetenz weiterzuentwickeln. Die Bereitstellung eines geeigneten Scaffolds während der Inquiry-Aktivität hilft den Schülerinnen und Schülern, ihre noch vorliegenden Schwierigkeiten zu überwinden und dann die IBL-Aktivität in einer offeneren Form durchzuführen. Die Bestimmung, wie viel Unterstützung den Schülerinnen und Schülern angeboten werden soll und was die richtige Methode zum Scaffolding ist, wurde von vielen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als entscheidend für IBL hervorgehoben (Arnold et al., 2014; Koksal & Berberoglou, 2014; Minner et al., 2010). Die größte Herausforderung bei der Entscheidung über die Methode zum Scaffolding besteht darin, die Strukturierung auf der einen Seite und die Problematisierung auf der anderen Seite zu berücksichtigen (Reiser, 2004). Strukturierung und Problematisierung sind zwei gegensätzliche Mechanismen, die ausgewogen zusammengebracht werden müssen, um komplexe Aufgaben zu vereinfachen (Strukturierung), aber auch punktuell die Komplexität zu erhöhen, um die Lernenden in anspruchsvolle Aufgaben (Problematisierung) einzubinden. Daher muss eine sehr sorgfältige Auswahl der Scaffolding-Methoden vor dem Unterricht stattfinden. Dennoch müssen Lehrkräfte darauf vorbereitet sein, auch spontan Scaffolding für Schülerinnen und Schüler – entsprechend ihren Bedarfen – während des Unterrichtsverlaufs anzubieten.

In Tabelle 6.2 werden einige der häufigsten Scaffolding-Methoden, die in den relevanten Feldern der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur berichtet werden, aufgelistet. Die Methoden, die in der Tabelle beschrieben werden, sind unabhängig vom Inhalt, wir bieten jedoch für jede Methode Beispiele an. Einige der Beispiele stammen aus den zitierten Quellen.

Die Informationen, die wir in Tabelle 6.2 darstellen, sind nur einige Scaffolding-Methoden, welche aus der entsprechenden Literatur entnommen wurden. Lehrkräfte sind aufgefordert, sich von diesen Methoden inspirieren zu lassen und weiter Methoden zu entwickeln oder mehrere Methoden zu kombinieren, wenn sie einen, am IBL orientierten, Unterricht planen und ausführen.

Zusätzlich zu den Beispielen von Scaffolding-Methoden (Tabelle 6.2) ist es wichtig, das Potenzial zu erwähnen, das computerunterstütztes Lernen in Bezug auf Scaffolding bietet. In solchen Lernumgebungen sind die Möglichkeiten, Scaffolding-Methoden einzubinden, groß. Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler können hier von Softwaretools, Lernanalysen und automatischem zeitgleichem Feedback profitieren. Zudem kann die Anzahl an Aktivitäten und das Niveau der Unterstützung durch Nutzung mehrerer Scaffolding-Methoden sehr leicht vor dem Unterricht modifiziert werden.

Tabelle 6.2: Liste von Scaffolding-Methoden – Fortsetzung nächste Seiten

Scaffolding-Methode	Beschreibung/Beispiel
<p>Denkanstöße Quelle: de Jong & Lazonder (2014)</p>	<p>Denkanstöße werden in der Form von Fragen oder Hinweisen angeboten, die die Schülerinnen und Schüler daran erinnern, spezielle Handlungen auszuführen, oder in Form von Anweisungen bzw. Anleitung zu Prozessen, die übersehen werden könnten (de Jong & Lazonder, 2014). Denkanstöße variieren entsprechend den Lernprozessen, die bei den Schülerinnen und Schülern unterstützt werden sollen. Diese Denkanstöße können mündlich, schriftlich oder auch in computergestützten Lernumgebungen bereitgestellt werden.</p> <p>Einige Beispiele:</p> <p><i>Denkanstöße für Lernende zur Hypothesengenerierung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formuliert eure Hypothese so, dass sie eine mögliche Antwort auf die Forschungsfrage darstellt. • Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzen das Wissen und die Informationen, die sie gesammelt haben, um eine überlegte Vermutung über das Ergebnis ihrer Experimente anzustellen. Könnt ihr eine überlegte Vermutung über das Ergebnis eures Experiments aufstellen? Dies ist eure Hypothese. • Eine gute Hypothese kann in der Form eines Wenn-...-dann-Satzes formuliert werden. <p><i>Denkanstöße zum Experimentieren:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bevor ihr euer Experiment durchführt, prüft, ob ihr alle Variablen richtig variiert (verändert) habt. • Gibt es einen Test- und einen Kontrollansatz im Experiment? • Sind alle Variablen, die nicht untersucht werden, unverändert? <p><i>Denkanstöße zur Selbstreflexion:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Habt ihr zunächst über das Problem nachgedacht und anschließend erst die Hypothese formuliert? • Habt ihr mehr als nur eine Variable variiert (verändert)? • Habt ihr alle eure Beobachtungen protokolliert? • Habt ihr genug Klarheit/Sicherheit, um eure Schlussfolgerung zu ziehen? <p>Heuristiken sind Denkanstößen sehr ähnlich, bieten aber gezieltere Unterstützung an. Tatsächlich sind Heuristiken definiert als Vorschläge, wie eine Handlung oder ein Lernprozess ausgeführt werden soll (de Jong & Lazonder, 2014). In manchen veröffentlichten Materialien wird für eine Heuristik auch der Begriff Tipp verwendet. Betrachten wir, um den Unterschied zu verstehen, an einem Beispiel zum Hypothesengenerieren den Unterschied zwischen Denkanstößen und Heuristiken. Ein Denkanstoß könnte wie folgt formuliert sein: „Eine gute Hypothese kann in der Form eines Wenn-...-dann-...-Satzes formuliert werden.“ Und die entsprechende Heuristik: „Formuliert eure Hypothese in der Form eines Wenn-...-dann-...-Satzes. Setzt die unabhängige Variable (vermutete Variable) nach dem „wenn“ und die abhängige Variable (Messvariable) nach dem „dann“ ein.“</p> <p>Beispiele zu Heuristiken für die Planung und Durchführung eines Experiments:</p> <ul style="list-style-type: none"> • VOTAT – Vary One Thing At a Time: Variiert nur eine Variable (Tschirgi, 1980). • Extreme values – Probiert einige Extremwerte aus, um zu sehen, ob es Grenzen für die vorgeschlagene Beziehung gibt (Schunn & Anderson, 1999).

Scaffolding-Methode	Beschreibung/Beispiel
<p>SWH: Science Writing Heuristic Quelle: Hand (2008)</p>	<p>SWH ist ein Schema, das Schülerinnen und Schülern im schriftlichen Begründen bei den argumentativen Tätigkeiten bei IBL-Aufgaben Unterstützung gibt. Das Schema beinhaltet sieben Phasen. Zusätzlich gibt es eine Version für Lehrkräfte, welche das Verwenden der SWH anleitet und aus acht Phasen besteht. Das Schema für Lehrkräfte enthält Empfehlungen für Handlungen, die Lehrkräfte bei IBL-Aktivitäten umsetzen sollten. Das Schema für Schülerinnen und Schüler enthält Fragen, die Anstöße geben, um naturwissenschaftliches Wissen aufzubauen. Das SWH ist eine spezielle Form von Denkanstößen (siehe Denkanstöße oben). Nachfolgend werden die zwei Schemata (Hand, 2008, S. 6–7) dargestellt:</p>
	<p>SWH Schema für Lehrkräfte</p>
	<p>Phase 1: Aufdecken der Prä-Konzepte mithilfe von Konzept-Mapping (individuell oder in Gruppen)</p>
	<p>Phase 2: Vor-experimentelle Aktivitäten, einschließlich formloses Schreiben, Beobachtungen machen (Phänomen), Brainstorming und Fragen stellen</p>
	<p>Phase 3: Teilnahme an den Laboraktivitäten</p>
	<p>Phase 4: Aushandlungsphase I – Aufschreiben der wahrgenommenen Bedeutungen der Labortätigkeiten (z. B. Schreiben von Lerntagebüchern)</p>
	<p>Phase 5: Aushandlungsphase II – Austausch und Vergleich von Dateninterpretationen in kleinen Gruppen (z. B. Erstellung von Gruppendiagrammen)</p>
	<p>Phase 6: Aushandlungsphase III – Vergleich der wissenschaftlichen Ideen mit Lehrbüchern oder anderen gedruckten Ressourcen (z. B. Schreiben von Gruppennotizen als Antwort auf Fokusfragen)</p>
	<p>Phase 7: Aushandlungsphase IV – individuelle Reflexion und individuelles Schreiben (z. B. Erstellung einer Präsentation, eines Posters oder Berichts für ein größeres Publikum)</p>
	<p>Phase 8: Aufdecken des post-unterrichtlichen Verständnisses durch Konzept-Mapping</p>
<p>SWH Schema für Schülerinnen und Schüler</p>	<p>Phase 1: Überlegungen für den Start – Was sind meine Fragen?</p>
	<p>Phase 2: Testung (Experiment) – Was habe ich gemacht?</p>
	<p>Phase 3: Beobachtung – Was konnte ich sehen?</p>
	<p>Phase 4: Was kann ich schlussfolgern?</p>
	<p>Phase 5: Gewissheit – Woher weiß ich das? Warum stelle ich diese Behauptung auf?</p>
	<p>Phase 6: Lesen – Sind meine Ideen mit anderen Ideen vergleichbar?</p>
	<p>Phase 7: Reflexion – Wie haben sich meine Ideen verändert?</p>

Die SWH-Vorlage für Schülerinnen und Schüler enthält eine Reihe von Fragen (Denkanstößen), die ihnen helfen, wissenschaftliche zu argumentieren, indem sie Verbindungen zwischen ihren Forschungsfragen, ihrem experimentellen Design, ihren Beobachtungen, Daten, Behauptungen und Beweisen herstellen. Die Schülerinnen und Schüler schreiben zuerst die Fragen(n), die ihre Untersuchung leitet(n) (Phase 1), und berichten dann über alle Vorbereitungen und Verfahren zur Durchführung ihres Experiments (Phase 2), einschließlich der Beobachtungen, die sie gemacht haben, und der Daten, die sie gesammelt haben (Phase 3). Sobald die Schülerinnen und Schüler ihre Daten und Beobachtungen erfasst haben, beantworten sie ihre Forschungsfrage mit Beachtung eines (gewissen) wissenschaftlichen Anspruchs (Phase 4) und verwenden Beweise in Bezug auf ihre Datenanalyse und Interpretation, um ihre Behauptung zu untermauern (Phase 5). Dann vergleichen sie ihre Ergebnisse mit anderen Ergebnissen und Ideen, diskutieren die Qualität ihrer Arbeit und wie stark ihre Behauptungen auf Evidenz basieren (Phase 6). Abschließend reflektieren sie ihre Arbeit und erklären, wie sich ihre Ideen verändert und ihr Verständnis entwickelt hat (Phase 7).

Scaffolding-Methode

Beschreibung/Beispiel

SCF: Scaffolded Critique Framework (Teil des SWH wie oben beschrieben)
 Um das kritische Denken von Schülerinnen und Schülern und den Reflexionsprozess zu unterstützen, gibt der Scaffolded Critique Framework (SCF) Denkanstöße, um Argumente zu validieren. Der SCF ist wie die SWH eine spezielle Form von Denkanstößen. Hierbei halten die Schülerinnen und Schüler die gesammelten Informationsquellen fest und führen Vergleiche der gesammelten Informationen mit ihren Ideen, Behauptungen und Beweisen durch. Der SCF ist in der sechsten Phase Lesen des SWH eingearbeitet. In dieser Phase vergleichen die Schülerinnen und Schüler ihre Ideen mit Ideen aus anderen Quellen.

Die Abbildung rechts zeigt das SCF-Schema (Jang & Hand, 2017, S. 1219). Die Aufzeichnung von Informationen aus der recherchierten Quelle ist die erste Stufe (Information) des SCF. Die zweite Stufe (Bestätigt/widerlegt die Information aus der Quelle meine Aussage) ist der Vergleich der Informationen aus der Quelle mit der Behauptung und den Beweisen des Lernenden, die sie/er in ihrer/seiner Untersuchung aufgestellt hat. Dieser Vergleich ist für die Lernenden während der sechsten Phase der SWH-Vorlage nützlich. Es ermöglicht ihnen, während sie ihre eigenen Argumente entwickeln, mehrere konkurrierende Ideen zu analysieren, zu kritisieren und zu synthetisieren.

<p>Bewertungsraster Hinweise von fremden Experten (Informationstext, Internet, Enzyklopädie etc.)</p>
<p>Quelle: Autor/Autorin: Titel:</p>
<p>Information: (Welche Information finde ich in der Quelle?)</p>
<p>Bestätigt/widerlegt die Information aus der Quelle meine Argumente</p>

Abb. 6.9: SCF-Schema

Strukturierungsfragen für die Planung eines Experiments
 Quelle: Arnold et al. (2014)

Strukturierungsfragen sind ebenfalls eine spezielle Form von Denkanstößen, die in der Literatur zu finden sind. Sie dürfen trotz einer ähnlichen Bezeichnung nicht mit der Vereinfachung (Strukturierung) verwechselt werden, die bei der Strukturierung und Problematisierung dargestellt wurde (siehe S. 115). Strukturierungsfragen zielen darauf ab, dass Schülerinnen und Schüler über wichtige Aspekte nachdenken, die sie bedenken müssen, wenn sie ein Experiment planen. Die Fragen werden den Schülerinnen und Schülern in Form einer Aufgabe gestellt, die sie bearbeiten müssen.

Beispiel:

- Wie wird die abhängige Variable (Messvariable) gemessen?
- Wie wird die unabhängige Variable (vermutete Variable) variiert (verändert)?
- Welche Variablen müssen kontrolliert werden?

Hinweise zur Messung (Operationalisierung) von Variablen
 Quelle: Arnold et al. (2014)

Die Hinweise zur Messbarmachung von Variablen ist eine spezielle Heuristik. Die Hinweise zur Messbarmachung werden in Form von instruierenden Unterstützungen (direkte Präsentationen von Information) angeboten, um den Schülerinnen und Schülern dabei zu helfen, die abhängige Variable zu operationalisieren, damit sie wissen, wie man sie messen kann. Das folgende Beispiel aus Arnold et al. (2014, S. 2748) veranschaulicht, wie dieser Scaffold eingesetzt werden kann:

Forschungsfrage: „Ist Enzymaktivität von der Temperatur abhängig?“

Informationen in Form von Hinweisen zur Operationalisierung: „Die Funktion der Lipase kann nachgewiesen werden, wenn man sie in eine fetthaltige Flüssigkeit wie Kondensmilch gibt. Dann baut Lipase die Fette zu Fettsäuren und Glycerin ab. Durch die entstehenden Fettsäuren wird der pH-Wert gesenkt und die Lösung wird saurer. Um Unterschiede im pH-Wert nachweisen zu können, sollte die Lösung bei pH 11 liegen. Die Einstellung des pH-Werts kann mit Natriumcarbonat erfolgen.“

Scaffolding-Methode	Beschreibung/Beispiel
Gestufte Hilfen	Gestufte Hilfen erlauben es Schülerinnen und Schülern, die Hilfe dann einzusetzen, wenn sie sie brauchen. Die Schülerinnen und Schüler sind darin frei, die Hilfen zu nutzen. Die Reihenfolge der Karten ist vorgegeben, da sie aufeinander aufbauen. Die Schülerinnen und Schüler entscheiden selbst, wie viele Karten sie nutzen. Unten ist ein Beispiel von Arnold et al. (2014, S. 2748) angeführt:
Quellen: (2014); Schmidt-Weigand et al. (2009)	Das Thema ist die Enzymaktivität und die Schülerinnen und Schüler können die folgenden Hilfen (Karten) bezüglich der abhängigen Variable erhalten:
• [Hilfekarte 1] Die abhängige Variable (Messvariable) ist die Variable, bei der man davon ausgeht, dass sie sich entsprechend der unabhängigen Variable (vermuteten Variable) verändert. Was ist in eurem Fall die abhängige Variable?	• [Hilfekarte 2] Die abhängige Variable (Messvariable) ist in unserem Fall die Enzymaktivität oder Aktivität der Lipase. Überlegt, wie man diese abhängige Variable messen kann.
• [Hilfekarte 3] Lipase spaltet Fette in Fettsäuren und Glycerin. Aufgrund der Fettsäuren verändert sich der pH-Wert in den sauren Bereich. Denkt darüber nach, wie ihr die Aktivität von Lipase messen könnt.	• [Hilfekarte 4] Die Enzymaktivität der Lipase kann über den pH-Wert gemessen werden. Wenn ihr Lipase in eine fetthaltige Flüssigkeit wie zum Beispiel Kondensmilch gebt, sollte die Flüssigkeit saurer werden und diese Veränderung kann über einen pH-Indikator gemessen werden.
Concept Cartoons	Concept Cartoons erzeugen bei Schülerinnen und Schülern einen kognitiven Konflikt und regen zu einem besseren Verständnis des Konzepts und zum Aufbau von eigenen Erklärungen an.
Quellen: Atasoy & Ergin (2017); Keogh & Naylor (1999); Lubben et al. (2001)	In dieser Hinsicht können sie in der Phase <i>Orientierung</i> genutzt werden, um bei den Schülerinnen und Schülern erste Ideen zum Thema/Phänomen anzuregen, oder sie können in der Phase <i>Diskussion</i> den Schülerinnen und Schülern helfen, das gewonnene Wissen zu reflektieren und eigene Erklärungen zu entwickeln. Außerdem können sie dazu verwendet werden, ein Verständnis von prozeduralem Wissen zu fördern und die Schülerinnen und Schüler im Verstehen von der Natur der Naturwissenschaften (<i>Nature of Science, NOS</i>) zu unterstützen. Ein Concept Cartoon kann zum Beispiel Schülerinnen und Schüler in Fehler beim Experimentieraufbau oder der Planung eines Experiments einführen. Dann wird ein Concept Cartoon für die Unterphase <i>Planung und Ausführung einer Untersuchung</i> eingesetzt.
	Abbildung 6.9 und der folgende Text zeigen ein Beispiel von Atasoy & Ergin (2017, S. 72).
	Ein Mann springt von einem Ruderboot, das im Wasser treibt. Erreicht er den Steg? Was denkt ihr? Bitte begründet eure Antwort. Findet ähnliche alltägliche physikalische Ereignisse und diskutiert ihre Ähnlichkeiten mit der Situation im Cartoon.

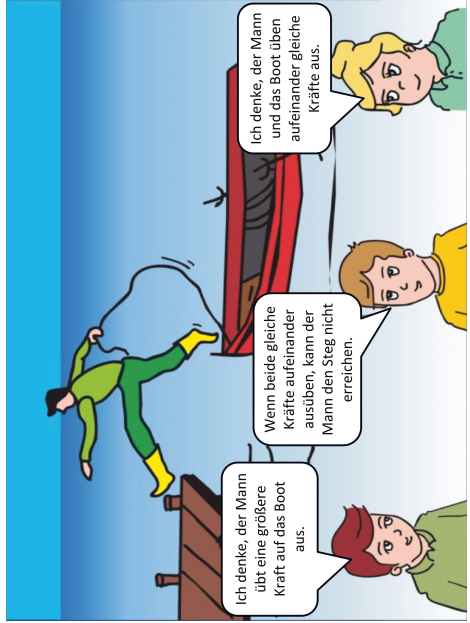


Abb. 6.10: Concept Cartoon

Scaffolding-Methode	Beschreibung/Beispiel
Teacher-based Metacognitive Scaffolding Quelle: Wu & Pederson (2011)	<p>Am Ende der Unterrichtsstunde oder irgendwann im Unterricht stellt die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern Fragen zu ihrer IBL-Aufgabe. Das Ziel der Fragen ist es, die metakognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren. Alle Schülerinnen und Schüler nehmen an der Diskussion teil und reflektieren über beides: über die gestellten Fragen und über die Antworten von Mitschülerinnen und Mitschülern. Die Lehrkraft gibt kein Feedback und ermutigt die Schülerinnen und Schüler, gegenseitig die Antworten zu evaluieren. Laut Wu und Pedersen (2011) kommt diese Laut-denken-Variante der Reflexionstätigkeit allen Schülerinnen und Schülern zugute, ihr eigenes Lernverhalten zu regulieren.</p> <p>Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none">• Wer möchte eine Antwort auf die leitende Frage unserer Aufgabe geben? Erkläre deine Argumentation.• Wie bewertest du deine Antwort (die der Mitschülerin/des Mitschülers)? Welche wissenschaftlichen Informationen können verwendet werden, um diese Frage zu beantworten? <p>etc.</p>

Beispiel 6.3

Um die Gruppe 1 unseres Beispiels (siehe auch Beispiel 6.1 und 6.2) in der Unterphase *Hypothesengenerierung* vom Öffnungsgrad *geöffnet* zum Öffnungsgrad *offen* zu überführen, könnte man zum Scaffolding eine Heuristik und gestufte Hilfen einsetzen.

Die **Heuristik** könnte wie folgt formuliert sein und den Lernenden gedruckt an die Hand gegeben werden:

- (1) Sucht alle möglichen Variablen heraus, die zu dem Phänomen zu finden sind.
Denkt an die
 - unabhängigen Variablen (Variablen, die man für die Wirkung verantwortlich machen könnte)
 - abhängigen Variablen (Variablen, die die Wirkung sichtbar machen)
 - konstant zu haltenden Variablen
- (2) Formuliert mit einer unabhängigen und der abhängigen Variable eure Hypothese.

Die **gestuften Hilfen** könnten folgendermaßen formuliert sein:

- Hilfe 1: Die unabhängige Variable steht nach dem wenn (Wenn ... dann ...).
- Hilfe 2: Die abhängige Variable steht nach dem dann (Wenn ... dann ...).

Abb. 6.11: Scaffolding

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
Konzeptualisierung	Orientierung	Lernende wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln ein Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende wählen Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

Die Gruppe 2 wird innerhalb der Unterphase *Planung und Durchführung Untersuchung* mithilfe eines Scaffolds unterstützt, um vom Offenheitsgrad *leicht geöffnet* zum Grad *geöffnet* zu kommen. Zum Scaffolding werden Denkanstöße und Hilfen eingesetzt.

Die **Denkanstöße** könnten wie folgt formuliert sein:

- Gibt es einen Test- und Kontrollansatz in eurem Experiment?
- Sind alle Variablen, die nicht untersucht werden, konstant gehalten?

Gestufte Hilfen: Hilfefkarten mit Beratung zum Material werden angeboten (z. B. Karte 1, 2 ...: Folgendes Material auf dem Tisch wird nicht zwingend benötigt: ...; letzte Karte: Setzt für eure Planung folgendes Material ein ...)

Die Forschung auf dem Gebiet des computergestützten IBL hat gezeigt, dass das Lernen der Schülerinnen und Schüler, wenn die computergestützte Lernumgebung sorgfältig konzipiert ist, durch die Vielfalt der gebotenen Optionen und durch die Erhöhung der Möglichkeiten zur Überwachung des Lernfortschritts optimiert werden kann (Alfieri et al., 2011; Slavin et al., 2014; van Joolingen & Zacharia, 2009). Die Lernumgebung stellt jedoch oft eine große Herausforderung für die Schülerinnen und Schüler dar, weil sie ein hohes Maß an kognitiven und metakognitiven Anforderungen voraussetzt (Azevedo, 2005; Scheiter & Gerjets, 2007). Hier hat sich das Scaffolding als eine vielversprechende Methode für den Umgang mit den Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler erwiesen. Scaffolding wird in diesen Umgebungen als wesentlich angesehen (D'Angelo et al., 2014).

Der Vergleich der Bereitstellung von Scaffolding im traditionellen Unterrichtsetting mit der Bereitstellung in einer computergestützten Lernumgebung zeigt einen gewichtigen Unterschied auf. In einem nicht-computergestützten Unterricht kann die Lehrkraft zu jedem Zeitpunkt eine beliebige Kombination von Scaffolds für jede Schülerin, jeden Schüler oder jede Gruppe erstellen, während das Scaffolding durch einen Computer vordefiniert sein muss, was die Flexibilität einer Lehrkraft einschränkt (siehe in diesem Zusammenhang die Klassifizierung der Scaffolds in Hard- und Soft-Scaffolds im Kapitel 2: *Differenzierung und Scaffolding*). Man könnte jedoch argumentieren, dass eine Lehrkraft mehr Zeit für spontanes Feedback an diejenigen Schülerinnen und Schüler hat, die es benötigen, wenn eine computergestützte Lernumgebung sorgfältig entwickelt wurde und Schülerinnen und Schüler sehr einfach ihren Lernprozess kontrollieren können. Aus diesem Grund sind wir der Meinung, dass die Integration von verschiedenen Möglichkeiten des Scaffoldings – entweder von der Lehrkraft oder über Lernmaterial (z. B. Hilfefkarten) sowie auch computergestützt – die Wirksamkeit erhöht.

Alle Scaffolding-Methoden aus Tabelle 6.2 können leicht in eine computer-

gestützte Lernumgebung integriert werden. Heutzutage gibt es eine Fülle von Online-Learning-Management-Systemen (LMS), die Tools für die Erstellung und Implementierung von Online-Lektionen bereitstellen. Im Falle von IBL gibt es zwei frei zugängliche (open-access) Lernplattformen, die weltweit von Lehrkräften genutzt werden, diese sind: WISE (wise.berkeley.edu/) und Graasp (graasp.org/). Beide Plattformen bieten Autorinnen- und Autorenfunktionen an und die Benutzenden können von Grund auf ihre eigenen interaktiven Lernräume erstellen oder bestehende Lernräume, die auf der Plattform veröffentlicht wurden, anpassen. Eine Unterrichtssequenz kann insbesondere mit Text, Videos, Bildern, Animationen, Simulationen und Lernanwendungen wie Concept-Map-Tools, Rätsel-Tools, Funktionsplottern etc. bereichert werden (siehe Abbildung 6.12). In Graasp gibt es zudem Lernapplikationen, die für Schülerinnen und Schüler Scaffolding im Ausführen von speziellen IBL-Prozessen, wie Hypothesen formulieren, Experimente planen und Schlussfolgerungen ziehen, anbieten.

Wenn man mit dem Blick auf Scaffolding für IBL Graasp näher betrachtet, erkennt man, dass viele der Tools sehr leicht für jeden Inhalt und jeglichen Bedarf der Schülerinnen und Schüler (oder für Gruppen) konfiguriert werden können.

Abb. 6.12: Elemente, die im Inquiry-based-Lernraum unter Verwendung der WISE-Plattform (a) und der Graasp-Plattform (b) hinzugefügt werden können.

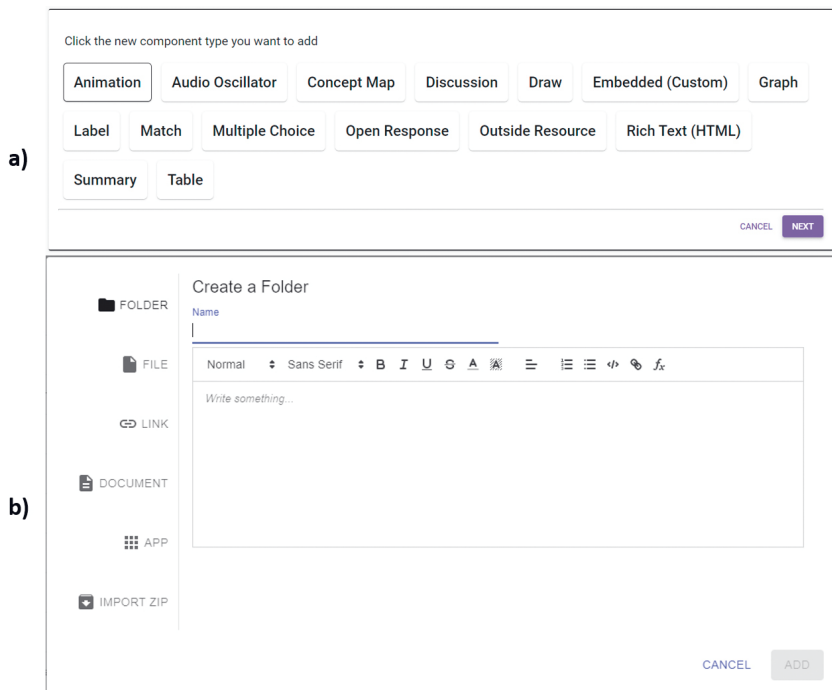
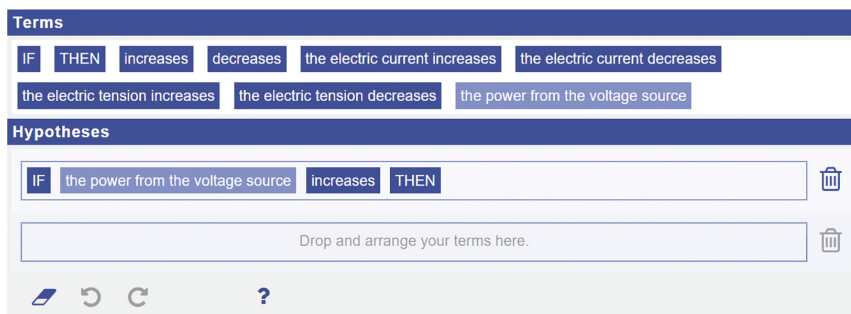


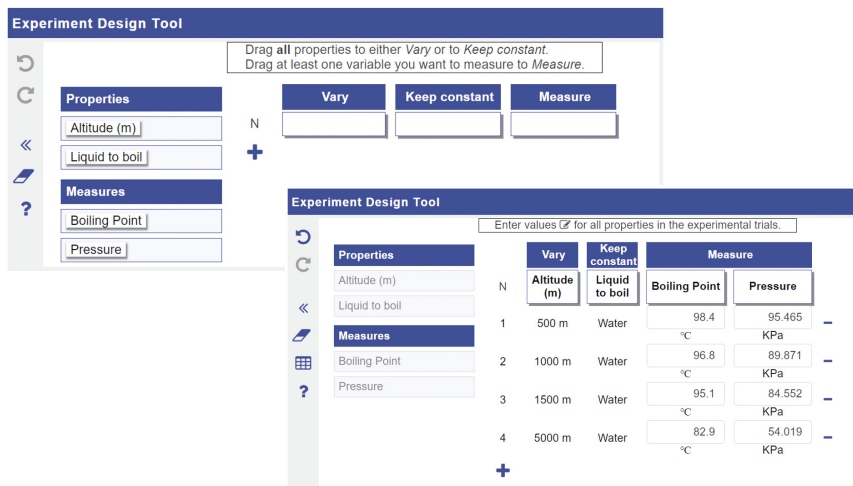
Abb. 6.13: Beispiel einer Konfiguration des Hypothesen-Scratchpad-Tools auf der Graasp Plattform



Beispielsweise stellt das Hypothesen-Scratchpad-Tool den Schülerinnen und Schülern die Begriffe zur Verfügung, die für die Formulierung einer Hypothese erforderlich sind, und die Schülerinnen und Schüler können die vordefinierten Bedingungen und Konzepte per Drag & Drop von der Oberseite des Werkzeugs in den unteren Bereich ziehen, um eine Hypothese zu erstellen (Abbildung 6.13). Die Schülerinnen und Schüler können aber auch ihre eigenen Wörter und Sätze eingeben, um diese für ihre Hypothesen zu nutzen. Die Anzahl der Begriffe, die den Schülerinnen und Schülern für diese Aufgabe vorgegeben wird, ist eine Frage der Wahl der Lehrkraft, basierend auf den Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler. Zudem kann die Lehrkraft die Anzahl der Hypothesen durch das Einfügen von leeren Textfeldern vorgeben, in die von den Schülerinnen und Schülern formuliert werden muss, und sie könnte eine vordefinierte oder teilweise formulierte Hypothese zur Verfügung stellen.

Ein anderes Beispiel für ein interessantes Scaffolding-Tool, welches Graasp anbietet, ist das Planungs-Tool für Experimente (Abbildung 6.14). Das Tool strukturiert den Prozess der Planung eines Experiments, der oft als komplexe und herausfordernde Aufgabe für Schülerinnen und Schüler angesehen wird, als einen dreischrittigen Prozess. Die Schülerinnen und Schüler identifizieren zuerst die unabhängige, die zu kontrollierenden und die abhängige Variable, dann weisen sie ihren Variablen Werte zu und zuletzt erstellen sie die Experimentieransätze. Die Lehrkraft ändert die Eigenschaften und Maße, die auf der linken Seite des Werkzeugs angezeigt werden, und auf ähnliche Weise wie im Hypothesen-Scratchpad kann sie einen oder alle der drei Schritte im Werkzeug vorgeben, um das Niveau des Scaffolding, das den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt wird, an deren Bedürfnisse anzupassen. Wenn eine Lehrkraft entscheidet, den Schülerinnen und Schülern ein Experimentierdesign vorzugeben, dann ist es die einzige Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler, die Messungen der abhängigen Variable einzugeben. Dies stellt eine *geschlossene* Form der Unterphase

Abb. 6.14: Beispiel einer Konfiguration des Planungstools für Experimente auf der Graasp Plattform



Planung und Durchführung von Untersuchungen dar, während vom *geschlossenen* Format zum *leicht geöffneten* übergegangen wird, wenn die Schülerinnen und Schüler die drei Schritte im Tool selbst ausführen müssen.

Wie bereits erwähnt, sehen wir es als gewinnbringend an, wenn unterschiedliche Möglichkeiten zum Scaffolding und Kombinationen von verschiedenen Scaffolding-Methoden eingesetzt werden, um Schülerinnen und Schülern zu helfen, von einem geringeren Grad der Offenheit zu einem höheren Grad zu kommen. Darüber hinaus empfiehlt sich der Einsatz von IT-basiertem Scaffolding, insbesondere wenn das Lehren und Lernen herausfordernd ist, wie z. B. während der COVID-19-Pandemie. Zu den wesentlichsten Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Bildung gehörte der Übergang in den Fernunterricht (Chiemek & Imafidor, 2020). Die Unterstützung der Schülerinnen und Schüler während des Fernunterrichts ist eine schwer lösbare Aufgabe (Huber & Helm, 2020). Die Scaffolding-Methoden, die wir in diesem Kapitel vorstellen, können auf vielfältige Weise und mithilfe von IT verwendet werden, um bei der Differenzierung beim IBL zu unterstützen.

6.4 Diagnostik zur Planung und Implementierung von Differenzierung

Wenn eine Lehrkraft damit beginnt, die Differenzierung für eine Unterrichtsstunde (oder eine Unterrichtseinheit) zu planen, muss sie definieren, was die er-

warteten Lernziele sind und was die Voraussetzungen jeder einzelnen Schülerin und jedes einzelnen Schülers sind, um diese Ziele zu erreichen. In anderen Worten: Die Lehrkraft muss ausgehend von der Leistungsfähigkeit jedes einzelnen Lernenden entsprechend den angegebenen Zielen differenzieren (Tomlinson & Moon, 2013). In der Regel ist diese Definierung kein allzu großer zeitlicher Aufwand für die Lehrkraft, da sie die Voraussetzungen ihrer Schülerinnen und Schüler durch das regelmäßige Arbeiten mit ihnen kennt.

Differenzierung kann in Bezug auf unterschiedliche Heterogenitätsdimensionen erfolgen, beispielsweise in Bezug auf Leistungsfähigkeit, Interessen und Lerntypen (Tomlinson & Moon, 2013; Boyle & Charles, 2014). In diesem Kapitel wird die Leistungsfähigkeit betrachtet. Die Leistungsfähigkeit muss zuvor durch formative Diagnostik erfasst werden, diese wird hier zur Lesefreundlichkeit nur als Prä-Diagnostik bezeichnet. Später, wenn die Lehrkraft die geplante Unterrichtsstunde umsetzt, muss sie den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler im Unterricht lernbegleitend formativ bewerten, was als fortlaufende Diagnostik bezeichnet wird. Diese beiden Typen von formativer Diagnostik sind wichtig für das erfolgreiche Differenzieren, da die Unterrichtsplanung auf den Vorkenntnissen und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler basieren muss und die Notwendigkeit und Eignung des Scaffolds während des Unterrichts durch eine fortlaufende formative Diagnose geprüft werden muss.

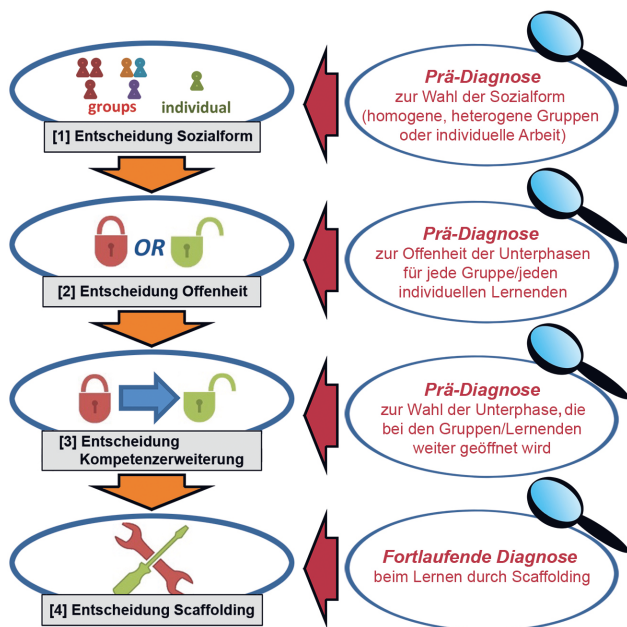
(A) Prä-Diagnostik für die Differenzierungsentscheidungen 1–4

Normalerweise – wie oben schon erwähnt – haben Lehrkräfte ein weitreichendes Bild über das Wissen und die Fähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler, die auf früheren Unterrichtsgesprächen, Beobachtungen, Tests und Prüfungen basieren. Natürlich nutzen Lehrkräfte diese Informationen, wenn sie die individuellen Bedürfnisse bei der Planung der Differenzierung berücksichtigen. Ergänzende Prä-Diagnose kann in vielen unterschiedlichen Formen ausgebracht werden und die Zeit, die sie in Anspruch nimmt, variiert stark. Zum Beispiel kann eine Lehrkraft im Vorfeld zwanglos mit den Schülerinnen und Schülern über ihre Ideen bezüglich des eingebundenen Phänomens diskutieren. Eine weitverbreitete Methode ist das Präsentieren einer konzeptionellen Multiple-Choice-Frage oder eines Concept Cartoons (siehe Tabelle 6.2), danach wird den Lernenden kurz Zeit gegeben, um einzeln oder in Gruppen nachzudenken. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler werden mit Antwortkarten (z. B. A–D) gesammelt oder es wird ein Classroom Response System (CRS) eingesetzt, das die Antworten sammelt und auf einem Bildschirm präsentiert, z. B. als Balkendiagramm. Über diesen Weg erhält die Lehrkraft sehr schnell Daten vom konzeptionellen Verständnis der Schülerinnen und Schüler und kann diese Informationen für die Planung des nächsten Schrittes nutzen. Ein CRS hat viele Vorteile wie einen schnellen Zugriff auf die Antworten der Schülerinnen und Schüler sowie Anonymität beim Antworten, wenn sich die Schülerinnen und Schüler unwohl fühlen, ihre Gedanken

auszudrücken. Für ein CRS können Clicker eingesetzt werden, sodass jeder der Lernenden ein bestimmtes Eingabegerät zum Beantworten hat. Es gibt viele kostenfreie mobile Apps wie Socrative, Kahoot und Mentimeter, die als ein CRS für Smartphones, Tablets oder Laptops verwendet werden können. Strukturiertere Formen der Prä-Diagnostik sind beispielsweise konzeptionelle Tests oder Interessenbefragungen. Solche Fragebögen nehmen mehr Zeit in Anspruch, können aber bei der Planung eines längeren Unterrichtsablaufs sehr nützlich sein.

Die erste Differenzierungsentscheidung (siehe Abbildung 6.15 oder 6.1) ist die Auswahl der Sozialform und Gruppeneinteilung, die auch Möglichkeiten zum individuellen Arbeiten beinhaltet. Die flexible Gruppeneinteilung ist wesentlicher Bestandteil einer effektiven Differenzierung (Tomlinson & Moon, 2013; Boyle & Charles, 2014). Dies bedeutet, dass die Gruppenzusammensetzung oft geändert wird, damit die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, mit vielen Gleichaltrigen zu arbeiten, deren Leistungsniveau ähnlich oder anders sein kann als ihr eigenes. Die geeignete Gruppeneinteilung hängt von der Aufgabe und anderen Umständen, wie z. B. individuellen Fähigkeiten, ab, sollte aber auf einer Prä-Diagnose basieren. Stellen wir uns vor, dass eine Lehrkraft Informationen aus einer konzeptionellen Frage erhält, die einige Schülerinnen und Schüler falsch beantwortet haben, zum Beispiel „der elektrische Strom wird verbraucht, wenn er durch einen geschlossenen Kreislauf fließt“. Die Lehrkraft

Abb. 6.15: Übersicht: Die vier Entscheidungen des Differenzierungstools



teilt diese Schülerinnen und Schüler in eine homogene Gruppe ein und gibt ihnen die Aufgabe, den Strom an verschiedenen Punkten eines geschlossenen Kreislaufs, der aus einer Batterie und einer Glühbirne besteht, zu messen. Die Lehrkraft kann einer anderen Gruppe je nach ihren Prä-Konzepten andere Aufgaben über Gleichstromkreise übertragen. In einer anderen Unterrichtsstunde kann eine Lehrkraft eine heterogene Gruppe bilden, da sie weiß, wie man Schülerinnen und Schüler als Potenzial beim Peer-Learning einsetzt. Manchmal ist das individuelle Arbeiten die richtige Wahl, zum Beispiel, wenn eine Schülerin/ein Schüler gelegentlich Schwierigkeiten hat, mit anderen zusammenzuarbeiten, wenn die Arbeit mit einem technischen Gerät (beispielsweise Beobachtungen mit einem Mikroskop) durchgeführt werden muss, an dem nur eine einzelne Person arbeiten kann, oder wenn individuelle Arbeit zum Peer-Learning führen kann, wie beim Gruppenpuzzle, bei dem die Schülerinnen und Schüler Fachwissen in einem Aspekt erwerben und dann ihre Mitschülerinnen und Mitschüler darin unterrichten, was sie gelernt haben.

In der zweiten Differenzierungsentscheidung muss die Lehrkraft über den Grad der Offenheit für jede Gruppe oder für individuelle Schülerinnen und Schüler entscheiden. Diese Entscheidung kann nicht unabhängig von der ersten Entscheidung gesehen werden, da die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler entsprechend ihren Fähigkeiten bezüglich der Unterphasen in Gruppen einteilt. Die Lehrkraft kann ihr Wissen einsetzen, um die passenden Grade der Offenheit für individuelle Schülerinnen und Schüler beziehungsweise für die homogenen Gruppen einzuschätzen. Für heterogene Gruppen sollte die zweite und dritte Differenzierungsentscheidung dafür eingesetzt werden, Aufgaben zu konzipieren, die für leistungsschwache Gruppenmitglieder durchführbar und dennoch herausfordernd für leistungsstarke Gruppenmitglieder sind. Die leistungsstärkeren Gruppenmitglieder können die anderen bei der Arbeit unterstützen (Coaching).

Genauso ist die dritte Differenzierungsentscheidung verbunden mit der ersten und zweiten Entscheidung. Die Lehrkraft sollte die für sie verfügbaren Informationen nutzen, um die richtigen Unterphasen auszuwählen, die in ihrer Offenheit im Unterricht ausgeweitet werden.

In der vierten Differenzierungsentscheidung (Scaffolding) sollten die im Vorfeld geplanten Hard-Scaffolds (siehe Kapitel 3 *Differenzierung und Scaffolding*) begründet aus der Prä-Diagnose konzipiert werden. Die unterschiedlichen Schülerinnen und Schüler können von unterschiedlichen Methoden der Hard-Scaffolds profitieren. Zum Beispiel kann die Lehrkraft verschiedene Denkanstöße oder gestufte Hilfen für die unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen vorbereiten.

Insgesamt ist der Differenzierungsprozess zwar in vier Entscheidungen unterteilt, dies geschieht jedoch hauptsächlich zur Veranschaulichung des Planungsprozesses. Bei der Planung des Unterrichts müssen Lehrkräfte alle Entscheidungen nahezu zusammen berücksichtigen und können die gleichen Daten der Prä-Diagnose als Grundlage für diese Entscheidungen verwenden.

(B) Fortlaufende Diagnostik für die Differenzierungsentscheidung 4

Scaffolding kann auch als Soft-Scaffolding angeboten werden (siehe Kapitel 3 *Differenzierung und Scaffolding*), der Begriff bezieht sich auf Scaffolding, das während des Lernprozesses angeboten wird, oft spontan (on-the-fly). Während die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler oder die Gruppen bei der Arbeit an ihrer IBL-Aufgabe beobachtet, könnte sie feststellen, dass die vorgesehenen Hard-Scaffolds den Schülerinnen und Schülern nicht genügend Unterstützung bieten, oder sie könnte hören, wie eine Gruppe eine Diskussion führt, die ein Fehlkonzept anzeigt, das nicht durch die IBL-Aktivität selbst korrigiert werden kann. Diese Ereignisse sollten die Lehrkraft dazu veranlassen, zusätzlich Soft-Scaffolds durch verschiedene Methoden wie Gruppendiskussionen oder gezielte Unterstützung anzubieten.

Peer-Lernen kann auch als ein Soft-Scaffold genutzt werden, hierbei diagnostizieren andere Schülerinnen und Schüler oder Gruppen die Arbeit, die eine Schülerin, ein Schüler oder eine Gruppe durchführt.

Auch Selbstdiagnose kann eingesetzt werden, um Informationen zur Erschaffung/Auswahl entsprechender Soft-Scaffolds zur Verfügung zu stellen. Man kann die Schülerinnen und Schüler bei ihrer Arbeit während des Unterrichts sich selbst diagnostizieren lassen, indem sie beispielsweise eine Bewertungsrubrik mit vordefinierten Kriterien verwenden.

Zusammenfassung

Um ein leistungsdifferenziertes IBL zu planen, sind verschiedene Entscheidungen und Diagnosen notwendig.

Nach der Auswahl des Wissensbereichs, auf den der Unterricht ausgerichtet ist, sind vier Differenzierungsentscheidungen zu treffen:

1. *Entscheidung über die Sozialform:* Die Sozialform und Gruppeneinteilung in der Stunde muss ausgewählt werden. Soll die Unterrichtsstunde in homogenen, heterogenen Gruppen oder in Einzelarbeit umgesetzt werden?
2. *Entscheidung über die mögliche Offenheit der einzelnen Unterphasen:* Die möglichen Grade der Offenheit der einzelnen Unterphasen müssen für jede Gruppe oder für individuelle Lernende festgelegt werden.
3. *Entscheidung über Kompetenzerweiterung:* Auswahl der Unterphase(n), in der (denen) der Grad der Offenheit erweitert werden soll.
4. *Entscheidung über die Methoden zum Scaffolding:* Auswahl von passgenauen Methoden zum Scaffolding für eine Ausweitung der Öffnung der ausgewählten Unterphase(n).

Die vier Differenzierungsentscheidungen und die möglichen Methoden (siehe Tabelle 6.1 und 6.2 für Beispiele) werden als Differenzierungstool bezeichnet, da sie ein Werkzeug zur Unterrichtsplanung darstellen.

An verschiedenen Stellen der Planung und Umsetzung von Unterricht sollten Prä-Diagnostik und Fortlaufende Diagnostik eingebunden werden (siehe Abbildung 6.15), um den Lernprozess zielgerichtet vorzubereiten bzw. anzupassen.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamiok-Naaman, R., Hofstein, A. & Tuan, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011). Does Discovery-Based Instruction Enhance Learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1–18.
- Arnold, J. C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments – What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36, 2719–2749.
- Atasoy, Ş. & Ergin, S. (2017). The effect of concept cartoon-embedded worksheets on grade 9 students' conceptual understanding of Newton's laws of motion. *Research in Science & Technological Education*, 35(1), 58–73.
- Azevedo, R. (2005). Computer environments as metacognitive tools for enhancing learning. *Educational Psychologist*, 40(4), 193–197.
- Baur, A., Emden, M. & Bewersdorff, A. (2019). Welche Unterrichtsprinzipien sollten für den Aufbau von Kompetenzen zum Experimentieren Beachtung finden? Eine Ableitung auf Basis multiperspektivisch begründeter Unterrichtsziele. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen*, 23(1), 10–24.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509.
- Boyle, B. & Charles, M. (2014). *Formative assessment for teaching and learning*. SAGE Publications.
- Chen, J., Wang, M., Grotzer, T. A. & Dede, C. (2018). Using a Three-Dimensional Thinking Graph to Support Inquiry Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1239–1263.
- Chiemeke, S. & Imafidor, O. M. (2020). Web-based Learning In Periods of Crisis: Reflections on the Impact of COVID-19. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)* Vol, 12.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Haertel, G., Bernard, R. & Evgueni, E. (2014). *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis*. SRI International.
- De Jong, T. & Lazonder, A. W. (2014). The guided discovery principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., S. 371–390). Cambridge University Press.
- Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291.

- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Hand, B. (2008). *Science inquiry, argument and language: A case for the science writing heuristic*. Sense.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Huber, S. G. & Helm, C. (2020). COVID-19 and schooling: evaluation, assessment and accountability in times of crises – reacting quickly to explore key issues for policy, practice and research with the school barometer. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 32(2), 237–270.
- Jang, J. Y. & Hand, B. (2017). Examining the value of a scaffolded critique framework to promote argumentative and explanatory writings within an argument-based inquiry approach. *Research in science education*, 47(6), 1213–1231.
- Keogh, B. & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431–446.
- Kirschner, P.-A., Sweller, J. & Clark, R.-E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work. An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Koksal, E. A. & Berberoglu, G. (2014). The effect of guided inquiry instruction on 6th grade Turkish students' achievement, science process skills, and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 36, 66–78.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J. & Soloway, E. (1998). Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3+4), 313–350.
- Lubben, F., Campbell, B., Buffler, A. & Allie, S. (2001). Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. *Science Education*, 85(4), 311–327.
- Metz, K. E. (2004). Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22, 219–290.
- Minner, D. D., Jurist Levy, A. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984–2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Neubert, S., Reich, K. & Voß, R. (2001). Lernen als konstruktiver Prozess (Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten): In T. Hug (Hrsg.), *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen* (Band 1) (S. 253–265). Schneider.
- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D. & Soloway, E. (2004). A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337–386.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanism of structuring and problematizing students work. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 273–304.
- Scheiter, K. & Gerjets, P. (2007). Learner control in hypermedia environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 285–307.
- Schmidt-Weigand, F., Hänze, M. & Wodzinski, R. (2009). Complex problem solving and worked examples: The role of prompting strategic behavior and fading-in solution steps. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 129–138.
- Schnotz, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt*. Beltz.

- Schunn, C. D. & Anderson, J. R. (1999). The generality/specificity of expertise in scientific reasoning. *Cognitive Science*, 23, 337–370.
- Slavin, R. E., Lake, C., Hanley, P. & Thurston, A. (2014). Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 870–901.
- Tomlinson, C. A. & Moon, T. R. (2013). *Assessment and student success in a differentiated classroom*. Association for Supervision & Curriculum Development.
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51, 1–10.
- Van Joolingen, W. & Zacharia, Z. (2009). Developments in inquiry learning. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder & S. Barnes (Hrsg.), *Technology-Enhanced Learning* (S. 21–37). Springer Netherlands.
- van Uum, M. S. J., Verhoeff, R. P. & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Walker, M. (2015). *Teaching inquiry-based science*. Amazon.
- Wu, H. L. & Pedersen, S. (2011). Integrating computer- and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers & Education*, 57(4), 2352–2363.

7 Unterrichtsbeispiele: Anwendung des Differenzierungstools

Armin Baur, Caroline Neudecker, Pasi Nieminen,
Martina Schuknecht, Nikoletta Xenofontos

Haftungsausschluss

Die beschriebenen Experimente wurden vorab erprobt, geprüft und sorgfältig beschrieben. Die Nutzerinnen und Nutzer sind dennoch dazu verpflichtet, vor der Durchführung der beschriebenen Beispiele diese auf eventuelle Fehler oder Ungenauigkeiten zu überprüfen. Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass Durchführende über notwendige Kenntnisse und Fertigkeiten zur Durchführung der beschriebenen Experimente verfügen.

Achtung, allgemeine Sicherheitshinweise sind stets zu beachten! Die Nutzung der Beschreibungen zu den Unterrichtsstunden erfolgt auf eigene Verantwortung. Eine Haftung für Schäden oder Verluste, die beim Umgang mit den hier beschriebenen Stoffen, Materialien oder Geräten entstehen, ist ausgeschlossen; ebenso wie Schadensersatzforderungen oder Gewährleistungsansprüche aufgrund falscher oder fehlender Angaben. Die Autorinnen und Autoren schließen somit jegliche unmittelbare oder mittelbare Haftung für Schäden, die in Zusammenhang mit der Durchführung der beschriebenen Unterrichtsbeispiele stehen, ausdrücklich aus.

7.1 Quellen und Schwinden bei Holz

Prozeduraler Wissensbereich, Biologie,
geeignet für Klassenstufe 6–7
Armin Baur, Martina Schuknecht

Sachinformation

Menschen in der Steinzeit schauten sich von der Natur das Bearbeiten von Steinen ab. In natürlichen Prozessen dringt Wasser in Ritzen und Spalten von Steinen ein. Gefriert das eingedrungene Wasser zu Eis, dehnt es sich aus. Durch diese Ausdehnung können Steinstücke vom Stein abgesprengt werden (Frostsprengung). Die Menschen der Steinzeit lernten ebenso, dass sich trockenes Holz, das mit Wasser befeuchtet wird, ausdehnt. Sie kombinierten beide Erkenntnisse, um ähnlich wie bei den natürlichen Prozessen Steinstücke abzusprennen. Für die Bearbeitung von Steinen – maßgerechte Formung – wurden Holzkeile in vorhandene Steinrisse eingeschlagen und die Holzkeile mit Wasser übergossen. Später kamen dann auch

Meißel und Keile aus Eisen zum Einsatz, wodurch man nicht mehr auf natürliche Risse angewiesen war. Man stellte nun kleine Löcher selbst her (siehe Abbildung 7.1.1) und trieb in diese Keile aus Eisen zur Spaltung der Steine ein.

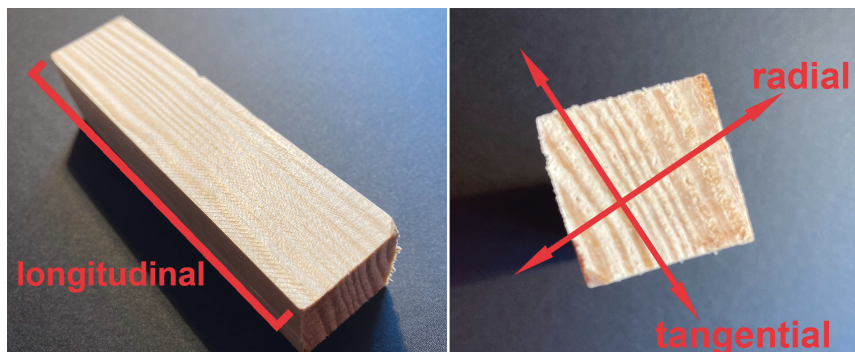
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Praktische Archäologie (<https://blog.amh.de/merk-wuerdige-loecher/>; abgerufen am 11.10.2021)

Abb. 7.1.1: Historischer Stein mit Lochreihe für Sprengung:
Bild von Christa Sallam, 2018



Im nachfolgenden Unterricht wird die Bearbeitung von Stein mit quellendem Holz aufgegriffen. Holz quillt und schwindet entsprechend dem Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung. Beim Quellen, das durch Aufnahme von Wasser aus der Umgebung erfolgt, vergrößert sich das Holzmaß in der Holzstrahlrichtung (radial) und sehr stark in der Richtung der Jahresringe (tangential). In der Längsrichtung (longitudinal) verändert sich das Holzmaß nur gering. Die Vergröße-

Abb. 7.1.2: Holzanatomische Richtungen



Die Quillungsrate ist von Holzart zu Holzart unterschiedlich: Buchenholz quillt stärker als beispielsweise Kiefernholz. Umgekehrt schwindet Holz bei Trockenheit, was bedeutet, dass sich die Holzmaße verkleinern.

Bestimmung des Wissensbereichs

Der dargestellte Unterricht ist auf den prozeduralen Wissensbereich ausgerichtet. Der Schwerpunkt des Unterrichts liegt auf der Ausbildung (Übung) von Kompetenzen zu den Teilphasen des Untersuchens.

Entscheidungen im Differenzierungsprozess

1. Entscheidung der Sozialform und

Gruppenbildung

Die Schülerinnen und Schüler werden in diesem Beispiel von der Lehrkraft in homogene Gruppen eingeteilt, sodass die Lernenden Aufgaben von angemessener Komplexität für alle Mitglieder der Gruppe erhalten. Die allgemeinen Lernziele sind für alle Gruppen identisch, Unterschiede gibt es in der Ausbildung der Kompetenzen (siehe Tabelle unten).



2. Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen

Die Abbildung 7.1.3 zeigt die Grade der Offenheit beim IBL, die für die Gruppen identifiziert wurden (beispielhaft werden zwei fiktive Gruppen dargestellt). Die unterschiedlichen Farben stellen die verschiedenen Gruppen dar.



Wie in Abbildung 7.1.3 ersichtlich, wird allen Gruppen ein Problem (vor)gegeben (Unterphase *geschlossen*). Die beiden Gruppen unterscheiden sich in ihren Fähigkeiten. Für Gruppe 1 wird die Unterphase *Fragestellung leicht geöffnet* ausgewählt. Es werden verschiedene Fragen zur Auswahl angeboten. Die Unterphase *Fragestellung* ist für Gruppe 2 *geöffnet*. Gruppe 2 formuliert mit Hilfestellung in Form von On-the-fly-Feedback durch die Lehrkraft eine Fragestellung. Bei der *Hypothesengenerierung* können beide Gruppen entsprechend ihren Fähigkeiten mithilfe einer Checkliste (siehe Anhang 7.1.IV) Hypothesen formulieren (*geöffnet*). Die Unterphasen *Planung und Ausführung einer Untersuchung* und *Dateninterpretation* werden für Gruppe 1 *leicht geöffnet* und für Gruppe 2 *geöffnet* gestaltet. Bei der Unterphase *Planung und Ausführung einer Untersuchung* erhält die Gruppe 1 eine Materialliste (siehe unten) und die Gruppe 2 wählt ggf. mit Unterstützung durch die Lehrkraft Material aus. Für die *Dateninterpretation* wird Gruppe 1 die Auswahl angeboten, die Ergebnisse in einer Tabelle oder zusätzlich in einem Balkendiagramm darzustellen. Gruppe 2 erhält für die *Dateninterpretation* wiederum On-the-fly-Feedback. Bei der *Schlussfolgerung* wird für beide Gruppen die geöffnete Variante ausgewählt und als Hilfe werden in einem Unter-

Abb. 7.1.3: Mögliche Offenheit für die beiden Gruppen

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft		Selbstständigkeit Lernende	

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

richtiges Gespräch mit der gesamten Klasse verbale Denkanstöße angeboten (mögliche Denkanstöße: Ist Hypothese belegt/widerlegt? Wodurch kann man dies erkennen? Ist die Forschungsfrage beantwortet? Gab es Messabweichungen? Wie wurde damit umgegangen? Welche Unklarheiten/Probleme sind aufgetreten?).

3. Entscheidung über die Unterphase(n), die zum nächsten Offenheitsgrad hin geöffnet werden soll(en)



Die Abbildung 7.1.4 illustriert die Unterphasen, die im Beispiel in ihrer Offenheit erweitert werden.

Die Schülerinnen und Schüler in der *leicht geöffneten* Unterphase (Gruppe 1) *Fragestellung* werden dabei unterstützt, den nächsten Grad der Offenheit (*geöffnet*) zu erreichen, und die Schülerinnen und Schüler im *geöffneten* Grad (Gruppe 2) werden unterstützt, zum *offenen* Grad zu kommen. In der Unterphase *Planung und Ausführung einer Untersuchung* erfolgt dies analog.

4. Entscheidung über Methoden zum Scaffolding
Für die Unterphase *Fragestellung* wurde als Methode zum Scaffolding für beide Gruppen die Verwendung einer Checkliste gewählt (siehe



Abb. 7.1.4: Überführung zum nächsten Offenheitsgrad

		0 geschlossen	1 leicht geöffnet	2 geöffnet	3 offen
	Orientierung	Lernende wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernende wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

Anhang 7.1.III). Die Checkliste eignet sich für beide Offenheitsgrade. Zusätzlich bietet die Lehrkraft bei Bedarf verbale Unterstützung an.

Für die Unterphase *Planung und Ausführung einer Untersuchung* werden für beide Gruppen gestufte Hilfen als Methode zur Erreichung des nächsten Grades der Offenheit verwendet (siehe Anhang 7.1.VI). Je nach Offenheitsgrad werden unterschiedliche Hilfskarten-Sätze für das Scaffolding angeboten. Das Scaffolding soll zum nächsten Offenheitsgrad führen. Die Methoden des Scaffoldings werden mit der ausgewählten Unterstützung (Methoden zur Öffnung) des Offenheitsgrades kombiniert. Beispiel solch einer Kombination: Bei der Unterphase *Planung und Ausführung einer Untersuchung* erhält die Gruppe 1 eine Materialliste, diese enthält auch nicht zwingend notwendige Materialien. Die Hilfskarten führen schrittweise zur Reduktion der Materialliste, bis nur noch notwendige Materialien enthalten sind.

Unterrichtsskizze

Klassenstufe: 6 – 7	Fach: Biologie (Technik ist ebenfalls möglich)	Unterrichtsthema: Quellen und Schwinden von Holz	Zeit: 60 Minuten
Vorwissen: Die Schülerinnen und Schüler wissen bereits, dass: <ul style="list-style-type: none">• es unterschiedliche Holzarten gibt (Buchenholz, Fichtenholz etc.), die sich in ihren Eigenschaften unterscheiden;• können mit der Messlehre Längen messen (u. U. vor dem Unterricht eingeübt).• sie beim Experimentieren einen Test- und einen Kontrollansatz benötigen.• ein Protokoll und damit auch ein Experiment aus verschiedenen „Abschnitten“ (Fragestellung, Hypothese ...) besteht und sie wissen auch, was in diesen Abschnitten von ihnen erwartet wird.			
Leitende Problem-/Fragestellung: Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, darüber nachzudenken, wie sich Feuchtigkeit auf Holz auswirkt.			
Lernziele: Diese müssen operationalisierbar sein und mit Blick auf die Lernprodukte überprüft werden.	Lehr-Lern-Material: Dies kann eine Referenz auf reales, gedrucktes oder digitales Material sein.	Lernaktivität: Beschreibt, was die Schülerinnen und Schüler machen, einschließlich der Erklärungen und Unterstützung durch die Lehrkraft.	Diagnose (formative oder summative) und pädagogisches Handeln: Der Fokus der Diagnose mit Feedback liegt auf dem Lernprodukt. lernendenzentrierte Lernaktivitäten ermöglichen.
Schülerinnen und Schüler planen eine Untersuchung und führen diese durch.	Bilder (Anhang 7.1.1)	Lehrkraft projiziert Bilder und Lernende dürfen beschreiben, was sie erkennen können. Die Lehrkraft erklärt, dass dieser Stein von Menschen, die vor sehr langer Zeit lebten, bearbeitet wurde.	

Text (Anhang 7.1.II) Checkliste (Anhang 7.1.III)	Die Schülerinnen und Schüler lesen zunächst in Einzelarbeit den Text und stellen eine Forschungsfrage auf (bzw. wählen eine aus). Im zweiten Schritt werden – angelehnt an das kooperative Lernen – die Forschungsfragen in der Gruppe besprochen und eine ausgewählt. Übergang von <i>leicht</i> <i>öffnet</i> zu <i>öffnet</i> : Die Lernenden der Gruppe suchen eine passende Fragestellung aus einem gegebenen Pool von Fragestellungen aus, hierbei nutzt sie als Scaffold eine Checkliste. Mögliche Fragestellungen (können den Lernenden auf einem Arbeitsblatt verfügbar gemacht werden). Wie haben die Menschen in der Steinzeit Steine bearbeitet? Wie hat sich die Vorgehensweise beim Bearbeiten von Stein durch Eisenwerkzeuge verändert? Welche Wirkung hat Feuchtigkeit auf Holz? Welche Wirkung hat Feuchtigkeit auf die Länge und Breite eines Holzlotzes? Was passiert, wenn feuchtes Holz trocknet?	Forschungsfrage	Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf werden verbale Hilfen in Form von Denkanstößen gegeben.
Checkliste (Anhang 7.1.IV)	Übergang von <i>öffnet</i> zu <i>offen</i> : Die Lernenden der Gruppe formulieren eine Fragestellung mit wenigen vorgegebenen Worten, die auf Hilfefkarten stehen (Hilfe 1: Wirkung; Hilfe 2: Wasser; Hilfe 3: Holzbreite). Als Scaffold nutzen sie ebenfalls die Checkliste (Anhang 7.1.II).	Hypothese	Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf Denkanstöße.
Bild: Materialpool (Anhang 7.1.V) Hilfekarten (Anhang 7.1.VI)	Die Schülerinnen und Schüler planen mit ihrer Gruppe ein Experiment zur Hypothese. Alle erhalten den Hinweis, dass es Zeit benötigt, bis man etwas sehen/messen kann (Beobachtung daher erst am nächsten Tag). Alle Planungen müssen vor der Durchführung der Lehrkraft kurz vorgestellt werden (geeignet ist hierzu, dass die Lernenden eine Skizze anfertigen, die die Durchführung illustriert oder eine Durchführung schriftlich beschreiben).	Geplantes Experiment	Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf Denkanstöße. Planungsskizzen können zur Diagnose verwendet werden.
Übergang von <i>öffnet</i> zu <i>offen</i> : Die Schülerinnen und Schüler überlegen sich geeignetes Material und einen geeigneten Aufbau. Hilfefkarten geben Hinweise.		Datendarstellung	Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf Denkanstöße.
Die Schülerinnen und Schüler halten gemessene Daten fest. Die Gruppe, die in der leicht geöffneten Form arbeitet, wählt aus den beiden Möglichkeiten – Tabelle oder Säulendiagramm – aus. Die andere Gruppe entscheidet selbst, welche Form der Datendarstellung geeignet ist. Die Lehrkraft unterstützt die Gruppe bei Bedarf hierbei.	Im Unterrichtsgespräch werden Schlussfolgerungen gezogen und der Prozess reflektiert.	Schlussfolgerung	

Anhang 7.1.I – Bild für Einstieg



Bilder von Christa Sallam, 2018

Anhang 7.1.II – Texte für Problemstellung

Text

Die Menschen aus der Steinzeit schauten sich an natürlichen Prozessen das Bearbeiten von Steinen ab. In natürlichen Prozessen dringt Wasser in Ritzen und Spalten von Steinen ein. Bei Temperaturen unter 0 °C gefriert das Wasser zu Eis. Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus. Durch diese Ausdehnung können Steinstücke vom Stein abgesprengt werden. Das nennt man Frostsprengung. Die Menschen der Steinzeit lernten, dass sich zum „Sprengen“ auch trockenes Holz eignet. Diese „Holzspreng-Technik“ wurde in der Steinzeit angewandt, um Steinstücke zu zerteilen. Für die Bearbeitung von Steinen wurden Holzkeile in vorhandene Steinrisse eingeschlagen und die Holzkeile mit Wasser übergossen.

Später kamen dann auch Meißel und Keile aus Eisen zum Einsatz, wodurch man nicht mehr auf natürliche Risse angewiesen war.

Text (leichte Sprache)

Vor langer Zeit bemerkten Menschen, dass im Winter manche Steine in mehrere Teile zerbrechen. Sie erkannten den Grund dafür. Wasser fließt in die kleinen Ritzen der Steine. Im Winter wird das Wasser zu Eis. Eis braucht mehr Platz als Wasser. Durch die Ausdehnung zerbrechen die Steine in mehrere Teile. Die Menschen lernten daraus. Mit Wasser können Steine zerbrochen werden.

Die Menschen lernten einen weiteren Trick. Auch Holz kann zum Teilen von Steinen genutzt werden. Sie steckten Holz in Steinspalten und gossen Wasser auf das Holz. Auch so zerbrachen Steine in mehrere Teile.

Anhang 7.1.III – Checkliste Fragestellung

Checkliste zur Prüfung einer Fragestellung			
1	Passt die Frage zum Problem (zum Inhalt aus dem Text)?	Ja []	Nein []
2	Ist die Frage auf ein Naturphänomen bezogen? (Ein Naturphänomen ist eine Naturerscheinung oder ein Naturvorgang.)	Ja []	Nein []
3	Kann die Frage mit einem Experiment beantwortet werden?	Ja []	Nein []
4	Falls ein Kreuz bei „Nein“ ist, muss eine neue Frage formuliert werden		

Anhang 7.1.IV – Checkliste Hypothesengenerierung

Checkliste zur Prüfung einer Hypothese (Vermutung)			
1	Ist die Hypothese (Vermutung) eine mögliche Antwort auf die Frage?	Ja []	Nein []
2	Ist die Hypothese (Vermutung) in einem Wenn-...-dann-...-Satz formuliert?	Ja []	Nein []
3	Wurde das Vermutete nach dem „Wenn“ aufgeführt?	Ja []	Nein []
4	Wurde das, was gemessen/beobachtet werden soll, nach dem „Dann“ aufgeführt?	Ja []	Nein []
5	Falls ein Kreuz bei „Nein“ ist, muss die Hypothese (Vermutung) überarbeitet werden!		

Anhang 7.1.V – Materialpool

Material zur Auswahl



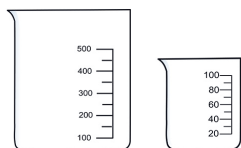
Messwerkzeug

Bitte Holzklötze an allen Seiten messen!

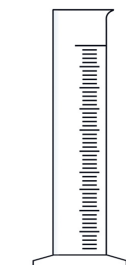
Fichtenholz Buchenholz



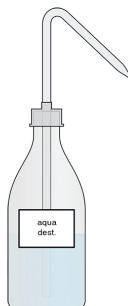
Holzklötze



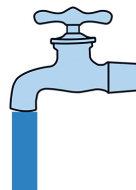
Bechergläser



Messzylinder



destilliertes Wasser



Leitungswasser

Arbeitsauftrag:

1. Bitte arbeitet mit Bleistift!
2. Alle Materialien sind in beliebiger Anzahl verfügbar.
3. Streicht alle Materialien, die ihr für euer Experiment nicht benötigt.
4. Plant mit dem Material ein Experiment, mit dem ihr eure Hypothese (Vermutung) überprüft.
5. Ihr dürft die grünen Hilfefkarten nutzen, wenn ihr Hilfe braucht.

Anhang 7.1.VI – Gestufte Hilfen (Grün: Übergang von *leicht geöffnet* zu *geöffnet*; Orange: Übergang von *geöffnet* zu *offen*)

Hilfe 1: Die unterschiedlichen Holzarten (Buche, Fichte ...) könnten unterschiedlich reagieren. Beschränkt euch auf eine Holzart.

Hilfe 2: Alle Tests sollten in gleichen Gefäßen durchgeführt werden. Sucht euch eine Gefäßsorte aus und streicht alle anderen Gefäßsorten auf der Liste.

Hilfe 3: Das Wasser muss in seiner Zusammensetzung bei allen Tests gleich sein. Wählt entweder destilliertes Wasser oder Leitungswasser aus.

Hilfe 4: Es ist möglich, den Holzklotz unterzutauchen oder ihn immer wieder nass zu machen. Beim Untertauchen wird zusätzlich ein Gewicht benötigt.

Hinweis: Das Holz muss an allen Seiten gemessen werden.

Hilfe 1: Die verschiedenen Holzarten (Buche, Fichte ...) könnten unterschiedlich reagieren. Es ist schwerer, ein Experiment zu planen, in dem verschiedene Holzarten untersucht werden.

Hilfe 2: Ihr müsst Holzklötze in gleichen Größen verwenden.

Hilfe 3: Habt ihr einen Test- und einen Kontrollansatz eingeplant?

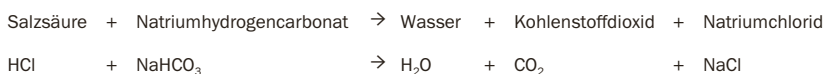
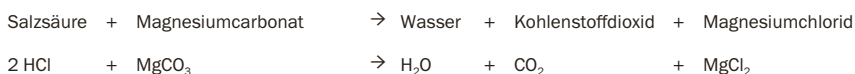
7.2 Neutralisation von Magensäure

Prozeduraler Wissensbereich, Chemie,
geeignet für Klassenstufe 9–10
Martina Schuknecht

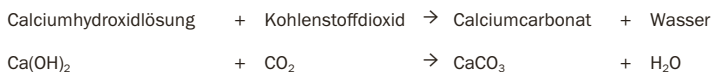
Sachinformation

Bei Magensäure handelt es sich um Salzsäure, eine starke saure Lösung. Wenn diese Magensäure aus dem Magen in die Speiseröhre hochsteigt, nennt man das Sodbrennen. Nimmt man nun ein Mittel gegen Sodbrennen, wie z. B. Rennie®, Bullrich Salz® oder Trigastril®, wird die Magensäure neutralisiert. Nachweisbar ist diese Neutralisation u. a. mit Universalindikator, der sich bei Salzsäure rot, bei dem Medikament blau und in der Kombination von Magensäure und Medikament grün färbt.

Der konkrete Wirkstoff ist von Medikament zu Medikament unterschiedlich. So enthält beispielsweise Rennie® Calciumcarbonat und Magnesiumcarbonat, Bullrich Salz® Natriumhydrogencarbonat (Natron) und Trigastril® Aluminiumoxid und Magnesiumhydroxid. Dies spielt jedoch für das Phänomen „Neutralisation“, das in dieser Stunde besprochen werden soll, keine Rolle.



Sollte ein Medikament verwendet werden, bei dem Kohlenstoffdioxid entsteht, so ist eine Gasentwicklung zu sehen. Das Gas kann in Kalkwasser eingeleitet werden und sorgt dort für eine Trübung (Kalkwasserprobe).



Das Experiment eignet sich sehr gut für eine praktische Aufgabe im Rahmen einer Leistungsmessung (summative Diagnose), da vorhandenes Wissen auf ein Alltagsphänomen angewendet wird und das Experiment nur wenig aufwendig ist.

Bestimmung des Wissensbereichs

Der Schwerpunkt dieser Unterrichtsstunde liegt auf dem prozeduralen Wissensbereich. Die Schülerinnen und Schüler wenden vorhandenes Wissen an und üben sich in der selbstständigen Planung, Ausführung und Auswertung von Experimenten. Dabei wird auch der Reflexion des Experimentierprozesses am Ende der Unterrichtsstunde viel Raum gegeben.

Entscheidungen im Differenzierungsprozess

1. Entscheidung der Sozialform und

Gruppenbildung

Die Lernenden können das Experiment sowohl in Einzelarbeit als auch in Partnerarbeit durchführen. Ersteres ist sinnvoll, wenn das Experiment in Form einer Leistungsmessung durchgeführt werden soll. Wird das Experiment nicht im Rahmen einer Leistungsmessung durchgeführt, so hat die Partnerarbeit gegenüber größeren Gruppen den Vorteil, dass sich jeder am praktischen Arbeiten beteiligen kann. Gegenüber der Einzelarbeit besteht der Vorteil, dass über die einzelnen Schritte direkt kommuniziert werden kann. Für die gezielte Förderung ist es sinnvoll, die Schülerinnen und Schüler den Mustern Gruppe 1 und Gruppe 2 zuzuordnen. Die Paare dürfen sich selbstständig finden.



2. Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen

In der Abbildung 7.2.2 wird gezeigt, welche Grade der Offenheit beim IBL für die Partnergruppen exemplarisch ausgewählt wurden. In unserem Beispiel haben wir Partnergruppen, die im Muster der Gruppe 1 arbeiten, und Partnergruppen, die im Muster von Gruppe 2 arbeiten. Wie die Abbildung zeigt, ist die Phase der *Orientierung* für alle *geöffnet*. Die Schülerinnen und Schüler setzen sich im Unterrichtsgespräch mithilfe eines Werbefilms mit dem Phänomen auseinander (Beispiele findet man auf YouTube). Anschließend erarbeiten alle Partnergruppen eine sich daraus ergebende Fragestellung. Die Unterphase *Fragestellung* ist *geöffnet*, da die Lehrkraft jederzeit Hilfestellung geben kann. Im Anschluss können die Lernenden ihre Fragestellung mithilfe der „Checkliste zur Prüfung einer Fragestellung“ kontrollieren (siehe Anhang 7.2.II).



Sollte das Experiment Teil einer Leistungsmessung sein, kann zur Orientierung ein kurzer Infotext zum Thema Sodbrennen eingesetzt werden (siehe Anhang 7.2.I). Hierzu sollte die *Fragestellung* aber *geschlossen* sein. Alle weiteren Unterphasen wären für eine Leistungsmessung *offen*.

Die Unterphase der *Hypothesengenerierung* wird im Lernprozess für die Lernenden im Muster Gruppe 1 *leicht geöffnet* mit einer Kompetenzerweiterung geplant. Für die Lernenden im Muster Gruppe 2 ist diese Unterphase *geöffnet*. Sie

Abb. 7.2.1: Mögliche Offenheit für die Partnergruppen

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● **Gruppe 1**

● **Gruppe 2**

nutzen als Unterstützung die „Checkliste zur Prüfung einer Hypothese“ (siehe Anhang 7.2.III). Weiterhin steht die Lehrkraft allen für On-the-fly-Hilfestellungen zur Verfügung. Die Unterphase *Planung und Ausführung Untersuchung* ist wiederum für Lernende im Muster Gruppe 1 *geöffnet*. Die Lernenden bekommen lediglich eine Liste/Kiste mit Materialien, aus denen sie auswählen dürfen (siehe Anhang 7.2.V), zur Verfügung gestellt. Die Lernenden im Muster Gruppe 2 planen das Experiment *offen*. Die Lernenden sollten in der Lage sein, diese Unterphase ohne Hilfestellung zu bewältigen. Ausnahme bildet dabei die Sicherheitsüberprüfung vor der Ausführung. Bei der Ausführung greift die Lehrkraft bei sicherheitsrelevanter Fragestellung selbstverständlich ein. Die *Dateninterpretation* erfolgt für alle *geöffnet*. Bei diesem Experiment ist keine besondere Darstellung notwendig und die Lehrkraft kann on-the-fly unterstützen. Die *Schlussfolgerung* erfolgt für alle *geöffnet* im Plenum. Die Lehrkraft unterstützt dabei durch gezielte Fragestellungen.

3. Entscheidung über die Unterphase(n), die zum nächsten Offenheitsgrad hin geöffnet werden soll(en)



Da in dieser Stunde viele Unterphasen bereits *geöffnet* oder sogar *offen* stattfinden, ist nur in wenigen Fällen eine Kompetenz-

Abb. 7.2.2: Überführung zum nächsten Offenheitsgrad

		0 geschlossen	1 leicht geöffnet	2 geöffnet	3 offen
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

erweiterung überhaupt sinnvoll. Abbildung 7.2.2 zeigt, welche Unterphasen in dieser Unterrichtsstunde im Offenheitsgrad erweitert werden sollen.

Für die Lernenden im Muster Gruppe 1 wird eine Kompetenzerweiterung in der Unterphase der *Hypothesengenerierung* zur *geöffneten* Form angestrebt. Alle Lernenden (im Muster Gruppe 1 und Gruppe 2) sollen in der Unterphase der *Schlussfolgerung* hin zum Offenheitsgrad *offen* unterstützt werden.

4. Entscheidung über Methoden zum Scaffolding

Für die Lernenden im Muster Gruppe 1 wird eine Kompetenzerweiterung in der Unterphase der *Hypothesenbildung* angestrebt. Diese soll durch gestufte Hilfen (siehe Anhang 7.2.IV) und On-the-fly-Feedback durch die Lehrkraft erreicht werden. Alle Lernenden sollen in der Unterphase der *Schlussfolgerung* in Richtung des Offenheitsgrades *offen* unterstützt werden. Hierzu dienen Hilfekarten (siehe Anhang 7.2.VI), die sparsam und gezielt eingesetzt werden können. Ebenso kann die Lehrkraft Unterstützung geben.



Unterrichtsskizze

Klassenstufe:	Fach:	Unterrichtsthema:	Zeit:
9–10	Chemie	Neutralisation von Magensäure	90 min
Vorwissen:			
Die Schülerinnen und Schüler wissen bereits, dass:			
<ul style="list-style-type: none"> saure Lösungen einen Universalindikator rot färben, alkalische Lösungen blau und neutrale Lösungen grün; sich saure Lösungen und alkalische Lösungen neutralisieren können; es sich bei Magensäure um Salzsäure handelt. 			
Die Schülerinnen und Schüler können bereits:			
<ul style="list-style-type: none"> Hypothesen in Bezug auf Fragestellungen formulieren; einfache Experimente zur Überprüfung ihrer Hypothesen planen; Schlüsse aus Beobachtungen ziehen. 			
Leitende Problem-/Fragestellung: Die Schülerinnen und Schüler untersuchen, wie Medikamente gegen Sodbrennen wirken.			
Lernziele: Diese müssen operationalisierbar sein und mit Blick auf die Lernprodukte überprüft werden.	Lehr-Lern-Material: Dies kann eine Referenz auf reales, gedrucktes oder digitales Material sein.	Lernaktivität: Beschreibt, was die Schülerinnen und Schüler machen, einschließlich der Erklärungen und Unterstützung durch die Lehrkraft.	Lernprodukt: Dieses muss inhaltliche oder prozedurale Kompetenzen widerspiegeln, die in den Lernzielen formuliert sind und lernenden-zentrierte Lernaktivitäten ermöglichen.
Die Schülerinnen und Schüler planen eine Untersuchung und ermitteln	Werbefilm (Beispiele auf YouTube) oder Infotext (siehe Anhang 7.2.I)	Die Schülerinnen und Schüler schauen einen kurzen Werbefilm zu einem Mittel gegen Sodbrennen an. Alternativ kann auch das Sodbrennen über den Infotext vorgestellt werden. Die Lernenden stellen im Unterrichtsgespräch fest, dass es sich bei Sodbrennen um aufsteigende Magensäure (Salzsäure) handelt, welche durch das Medikament neutralisiert werden kann.	Beobachtungen im Unterricht durch die Lehrkraft, bei Bedarf Unterstützung.
Die Schülerinnen und Schüler planen eine Untersuchung und ermitteln	Checkliste zur Überprüfung der Frage (siehe Anhang 7.2.II)	Anhand der Problematik wird die Forschungsfrage formuliert. Die Schülerinnen und Schüler formulieren die Frage zunächst in Einzelarbeit und gleichen diese anschließend mit dem Partner ab. Dabei muss Einigkeit hergestellt werden. Die Fragestellung muss mit der Checkliste überprüft werden. Geeignete Fragen sind: Welche Wirkung hat das Medikament auf die Magensäure? Neutralisiert das Medikament die Magensäure? Wie kann das Medikament die Magensäure bekämpfen? ...	Forschungsfrage

experimentell die Wirkung von Magenmedikamenten auf Magensäure (Salzsäure).	Checkliste zur Überprüfung einer Hypothese (siehe Anhang 7.2.III) Gestufte Hilfen zur Formulierung einer Hypothese (siehe Anhang 7.2.IV)	Die Schülerinnen und Schüler formulieren eine Hypothese in Form eines „Wenn-dann-Satzes“. Wieder zunächst in Einzelarbeit und dann in Abstimmung mit dem Partner. Lernende im Muster Gruppe 2 werden durch die Lehrkraft on-the-fly unterstützt und erhalten die Checkliste. Übergang von <i>leicht geöffnet</i> zu <i>geöffnet</i> : Lernende im Muster Gruppe 1 nutzen die gestuften Hilfen – Karte 1 muss verwendet werden – und die Checkliste. Jedes Tandem verwendet nur so viele Hilfestellungen wie notwendig. Die Lehrkraft unterstützt bei Bedarf.	Hypothese	Beobachtungen im Unterricht durch die Lehrkraft, bei Bedarf Unterstützung mithilfe von Denkanstößen.
kamerten auf Magensäure (Salzsäure) begründet darstellen.	Materialliste (siehe Anhang 7.2.V) oder Materialkiste mit: Reagenzglas-Ständer, 3 Reagenzgläser (alternativ gehen auch Petrischalen), Wasser, Magensäure (Salzsäure), Medikament, Universalindikator, Stopfen und weitere Materialien zur Auswahl, die nicht (unbedingt) benötigt werden	Die Lernenden planen das Experiment zunächst stichpunktartig in Einzelarbeit und formulieren dann mit ihrem Tandempartner sorgfältig die einzelnen Durchführungsschritte. Lernende im Muster Gruppe 1 erhalten als Unterstützung eine Materialliste oder -kiste. Lernende im Muster Gruppe 2 dürfen aus allen im Raum vorhandenen Materialien auswählen. Nach der Sicherheitsüberprüfung durch die Lehrkraft führen die Lernenden das Experiment paarweise durch. Die Lehrkraft achtet auf das Tragen von Schutzbrillen. Folgende Ansätze sind notwendig: <ul style="list-style-type: none"> • Magensäure (Salzsäure) mit Universalindikator • Medikament in Wasser gelöst (eventuell mit Universalindikator) • Die beiden Lösungen werden nach und nach zusammengegeben, bis der Universalindikator sich grün färbt. 	Geplantes Experiment	Beobachtungen im Unterricht durch die Lehrkraft, bei Bedarf Unterstützung.
Die Schülerinnen und Schüler können die Wirkung von Magenmedikamenten auf Magensäure (Salzsäure) begründet darstellen.	Hilfekarten (siehe Anhang 7.2.VI) Tafelanschrieb für Schlussfolgerung (siehe Anhang 7.2.VII)	Die Lernenden halten ihre Beobachtungen stichpunktartig fest und interpretieren die sich verändernde Indikatorfarbe. Je nach Medikament entsteht noch ein Gas. Besonders schnelle bzw. leistungsstarke Gruppen erhalten den Zusatzauftrag, einen Nachweis für das Gas zu entwickeln.	Notation der Daten	Beobachtungen im Unterricht durch die Lehrkraft, bei Bedarf Unterstützung mithilfe von Denkanstößen.
Abschluss: Der Unterricht endet mit einer Reflexion über den IBL-Prozess und den persönlichen Lernfortschritt. Sollte eine oder mehrere Gruppen besonders schnell arbeiten, so kann, wie beschrieben, die Anschlussfrage „Welches Gas entsteht“ weiterverfolgt werden. Alternativ kann diese Frage nach den Schlussfolgerungen im Plenum oder in der folgenden Stunde besprochen werden.		Die Beobachtungen und Schlussfolgerungen werden im Plenum besprochen. Übergang von <i>geöffnet</i> zu <i>offen</i> : Die Schülerinnen und Schüler sollen sinngemäß das Tafelbild in Partnerarbeit erstellen. Dabei unterstützt die Lehrkraft sparsam, gezielt und individuell mithilfe der Hilfekarten und weiteren Hilfestellungen. Die Reaktionsgleichungen stellen dabei eine besondere Herausforderung dar und können nur auf dem gymnasialen Niveau (erweiterten Niveau) erwartet werden.	Schlussfolgerung	

Anhang 7.2.I – Infotext Sodbrennen

Wenn Magensäure aus dem Magen hochsteigt, spürt man das sogenannte Sodbrennen hinter dem Brustbein. Unter Umständen kann diese schmerzhaft empfundene bis zum Hals und Rachen aufsteigen. Oft geht das Sodbrennen mit saurem Aufstoßen einher. Sodbrennen kann mit verschiedenen Medikamenten wie z. B. Rennie®, Bullrich Salz® oder Trigastril® behandelt werden.

Anhang 7.2.II – Checkliste zur Prüfung einer Fragestellung

Checkliste zur Prüfung einer Fragestellung:

- Hat die Frage etwas mit dem Oberthema des aktuellen Chemieunterrichts zu tun?
- Passt die Frage zu unserem Problem?
- Ist die Frage experimentell überprüfbar, sodass im Anschluss eine Regel abgeleitet werden kann?

Falls du eine dieser Fragen nicht mit „ja“ beantworten kannst, musst du deine Frage entweder abwandeln oder eine neue Frage formulieren.

Anhang 7.2.III – Checkliste zur Prüfung einer Hypothese

Checkliste zur Überprüfung einer Hypothese:

- Ist die Hypothese (Vermutung) eine mögliche Antwort auf die Frage?
- Kannst du deine Hypothese mit deinem Vorwissen begründen?
- Geht aus der Hypothese das zu erwartende Ergebnis hervor?
- Ist die Hypothese in einem Wenn-dann-Satz formuliert?

Wenn du eine dieser Fragen nicht mit „ja“ beantworten kannst, dann musst du deine Hypothese entsprechend ändern oder neu formulieren.

Anhang 7.2.IV – Gestufte Hilfen zur Formulierung einer Hypothese

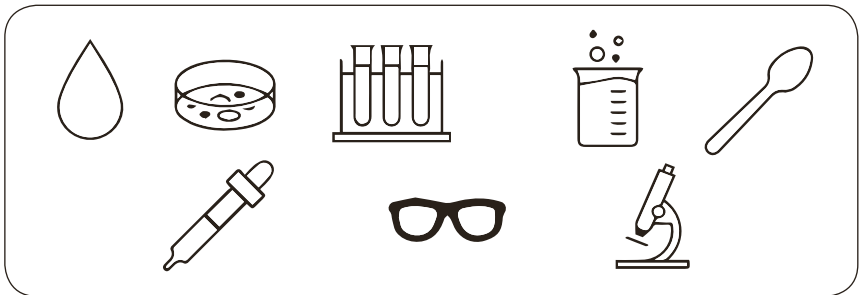
Hilfe 1: Notiert drei mögliche Antworten auf eure Frage.

Hilfe 2: Welche der Antworten ist mit einem Experiment beantwortbar? Streicht alle anderen. Falls mehrere stehen bleiben, wählt euch eine aus.

Hilfe 3: Ist in der Antwort das genannt, von dem ihr denkt, dass es sich verändert oder dass es passieren wird?

Hilfe 4: Ist in der Antwort das genannt, von dem ihr denkt, dass es der Auslöser für das ist, was passiert?

Anhang 7.2.V – Materialliste (kann als Kopie oder als Kiste an die Lernenden ausgeteilt werden)



Anhang 7.2.VI – Hilfekarten für die Schlussfolgerung

Was bedeuten die Farben des Universalindikators?

Welche Edukte habe ich?

Welche Produkte sind entstanden?

Wie lautet die Formel der Salzsäure?

Welcher Stoff entsteht bei jeder Neutralisation?

Das entstandene Gas trübt Kalkwasser.

Welcher Wirkstoff ist in dem Medikament?

Wie lautet die Formel des Wirkstoffes?

Unter den Produkten ist ein Salz.

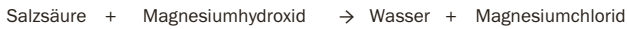
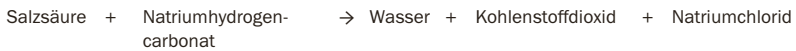
Anhang 7.2.VII – Tafelanschrieb

Bei der Magensäure handelt es sich um eine saure Lösung (Salzsäure). Dies wird durch die rote Indikatorfarbe nachgewiesen.

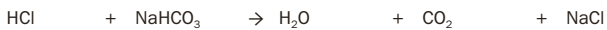
Bei dem Medikament handelt es sich um eine alkalische Verbindung, was durch die blaue Indikatorfärbung gezeigt wird.

Gibt man die saure und die alkalische Lösung zusammen, so neutralisieren sich die Stoffe. Dies wird durch die grüne Färbung des Indikators deutlich.

Reaktionsschema (je nach Wirkstoff auswählen):



Reaktionsgleichung (je nach Wirkstoff auswählen):



7.3 Metalle reagieren mit Salzsäure

Prozeduraler Wissensbereich, Chemie,
geeignet für Klassenstufe 9–10
Martina Schuknecht

Sachinformation

Saure Lösungen können Metalle ätzen. Dabei entsteht ein Salz, das durch Eindampfen gewonnen werden kann, und Wasserstoff wird freigesetzt. Z. B.:



Der Wasserstoff kann (pneumatisch) aufgefangen und dann mit der Knallgasprobe nachgewiesen werden.

Die Reaktion ist umso heftiger, je unedler das Metall ist. Außerdem ätzt eine starke Säure edlere Metalle besser als eine schwache Säure. So ist Salzsäure in der Lage, Metalle wie Magnesium, Aluminium und Eisen zu ätzen. Für eine Reaktion mit Gold benötigt man hingegen sogenanntes Königswasser (ein Gemisch aus 75 % konzentrierter Salzsäure und 25 % konzentrierter Salpetersäure).

Das Ätzen von Metallen durch Säuren wurde bereits im Mittelalter zum Verzieren von Rüstungen verwendet. Heutzutage findet das Ätzen sowohl im Kunsthandwerk als auch in der Industrie Anwendung. So werden beispielsweise Kupferplatinen mit verdünnter Salpetersäure geätzt.

Abb. 7.3.1: Auftropfen von Säure auf Eisen

Bild Kette von analogicus, 2018; Bild frei verfügbar auf Pixabay; Bild Tropfflasche von Birgit Lachner, 2019 (CC-0 1.0)



Der Einstieg lässt offen, ob die Schülerinnen und Schüler verschiedene Säuren mit einer Metallart oder verschiedene Metalle mit einer Säure überprüfen. Diese Viel-

falt muss nicht unterbunden werden, da so das Spektrum der Beobachtungen für die Schlussfolgerungen erweitert wird. Die Lehrkraft sollte allerdings so steuern, dass zumindest in einigen Gruppen der Unterschied zwischen edlen und unedlen Metallen deutlich wird. Außerdem ist die Auswahl der Metalle sowohl von den Vorräten der Schule als auch von Sicherheitsaspekten abhängig. Auf das Auffangen des Wasserstoffs wird zunächst verzichtet. Sollten schnelle Gruppen noch zu der Frage kommen, welches Gas entstanden ist, kann ein entsprechender Nachweis angeschlossen werden. Ansonsten wäre dies ein Thema für eine Folgestunde.

Bestimmung des Wissensbereichs

Der Schwerpunkt dieser Unterrichtsstunde liegt auf dem prozeduralen Wissensbereich. Insbesondere soll die Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler im Bereich von Planung und Ausführung weiter angebahnt werden.

Entscheidungen im Differenzierungsprozess

1. Entscheidung der Sozialform und Gruppenbildung

Die Lernenden unseres Beispiels sind es gewohnt, die Experimente in Partnerarbeit durchzuführen, da so möglichst alle Schülerinnen und Schüler zum Handeln kommen. Die einzelnen Unteraufgaben werden immer zunächst in Einzelarbeit bearbeitet und anschließend mit dem Partner besprochen. So wird gewährleistet, dass alle Lernenden kognitiv am Unterrichtsgeschehen beteiligt sind. Gegebenenfalls muss eine Einigung erzielt werden. Da das Thema am Ende der Jahrgangsstufe 9 oder am Anfang der Jahrgangsstufe 10 behandelt wird, finden sich die Schülerinnen und Schüler in der Regel mit einem Partner zusammen, mit dem das Lernen gelingen kann.



2. Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen

In der Abbildung 7.3.2 wird gezeigt, welche Grade der Offenheit beim IBL für die Partnergruppen exemplarisch ausgewählt wurden. In unserem Beispiel haben wir Partnergruppen, die im Muster Gruppe 1 arbeiten und Partnergruppen, die im Muster Gruppe 2 arbeiten. Wie die Abbildung zeigt, ist die Phase der *Orientierung* für alle *geöffnet*. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich mithilfe von Bildern das Phänomen (siehe Anhang 7.3.I). Anschließend wählen die Lernenden der Partnergruppen mit Muster Gruppe 1 ihre *Fragestellung* aus verschiedenen Möglichkeiten aus (siehe Anhang 7.3.II). Der Grad der Öffnung ist somit *leicht geöffnet*. Partnergruppen mit Muster Gruppe 2 erarbeiten ihrer *Fragestellung* im Offenheitsgrad *geöffnet*. Die Hilfestellungen ergeben sich aus den Fragen der Lernenden und werden on-the-fly angeboten. Im Anschluss können sie, falls



Abb. 7.3.2: Mögliche Offenheit für die Partnergruppen

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

wirklich notwendig, ihre Fragestellung mithilfe der „Checkliste zur Überprüfung der Fragestellung“ kontrollieren (siehe Anhang 7.3.III). Die Unterphase der *Hypothesengenerierung* findet für alle Partnergruppen *geöffnet* statt. Auch hierfür gibt es eine „Checkliste zur Prüfung einer Hypothese“ (siehe Anhang 7.3.IV). Weiterhin steht die Lehrkraft für On-the-fly-Hilfestellungen zur Verfügung. Die Unterphase *Planung und Ausführung* ist wiederum für alle Partnergruppen *geöffnet*. Als Hilfestellung können sich die Lernenden alle zur Verfügung stehenden Materialien anschauen und dann selbstständig begründet gegebenenfalls mit Unterstützung der Lehrkraft auswählen. Die *Dateninterpretation* erfolgt in den Partnergruppen im Muster Gruppe 1 *geschlossen*. Es wird eine Tabelle zur Erfassung vorgegeben (siehe Anhang 7.3.V). Partnergruppen im Muster Gruppe 2 wählen die Darstellung mit Unterstützung der Lehrkraft aus. Diese Unterphase ist für die Partnergruppen im Muster Gruppe 2 *geöffnet*. Die *Schlussfolgerung* erfolgt für alle *geöffnet* im Plenum. Die Lehrkraft unterstützt durch gezielte Fragestellungen.

3. Entscheidung über die Unterphase(n), die zum nächsten Offenheitsgrad hin geöffnet werden soll(en)



Abbildung 7.3.3 zeigt, welche Unterphasen in dieser Unterrichtsstunde im Offenheitsgrad erweitert werden sollen.

Abb. 7.3.3: Überführung zum nächsten Offenheitsgrad

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
Konzeptualisierung	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
Untersuchung	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p>● Gruppe 1</p> <p>● Gruppe 2</p> </div> <div style="background: linear-gradient(to right, #ccc, #eee); padding: 5px; border: 1px solid #ccc;"> <p style="text-align: center;">Anleitung Lehrkraft Selbstständigkeit Lernende</p> </div> </div>					

In der Unterphase *Fragestellung* werden die Lernenden im Muster Gruppe 1 dabei unterstützt, den Offenheitsgrad *geöffnet* zu erreichen. Die Schülerinnen und Schüler im Muster Gruppe 2 sollen in dieser Unterphase den Grad *offen* erreichen. Ebenso werden die Schülerinnen und Schüler in der Unterphase der *Dateninterpretation* darin unterstützt, den jeweils nächsten Grad der Offenheit (Muster Gruppe 1 *leicht geöffnet*, Muster Gruppe 2 *geöffnet*) zu erreichen.

4. Entscheidung über Methoden zum Scaffolding

Für die Unterphase der *Fragestellung* wurde als Unterstützung die Checkliste (siehe Anhang 7.3.III) gewählt. Lernende in Gruppe 2 sollten allerdings auch ohne diese Liste auskommen. Zusätzlich steht die Lehrkraft immer für Fragen zur Verfügung. In der Unterphase der *Dateninterpretation* werden Partnergruppen im Muster Gruppe 1 einige Möglichkeiten der Datenerfassung für das vorliegende Experiment vorgestellt (siehe Anhang 7.3.VI). Im Gespräch mit der Lehrkraft wählen die Lernenden dann begründet eine Darstellungsart aus. Partnergruppen im Muster Gruppe 2 erhalten Hilfekarten zur Unterstützung (siehe Anhang 7.3.VII).



Unterrichtsskizze

Klassenstufe: 9/10	Fach: Chemie	Unterrichtsthema: Metalle reagieren mit Salzsäure	Zeit: 90 min
Vorwissen:			
<p>Die Schülerinnen und Schüler wissen bereits, dass</p> <ul style="list-style-type: none"> • mit Salzsäure Metalle geätzt werden können; • Metalle umso stärker auf Sauerstoff reagieren, je unedler sie sind; • entstandener Wasserstoff mit der Knallgasprobe nachgewiesen werden kann. <p>Die Schülerinnen und Schüler können bereits:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hypothesen in Bezug auf Fragestellungen formulieren; • einfache Experimente zur Überprüfung ihrer Hypothesen planen. 			
Leitende Problem-/Fragestellung: Die Schülerinnen und Schüler werden dazu aufgefordert, ihren Namen durch Ätzen mit Säure in ein Türschild zu gravieren. Sie sollen dazu begründen, ein geeignetes Metall bzw. eine geeignete Säure auswählen.			
<p>Lernziele: Diese müssen operationalisierbar sein und mit Blick auf die Lernprodukte überprüft werden.</p>	<p>Lehr-Lern-Material: Dies kann eine Referenz auf reales, gedrucktes oder digitales Material sein.</p>	<p>Lernaktivität: Beschreibt, was die Schülerinnen und Schüler machen, einschließlich der Erklärungen und Unterstützung durch die Lehrkraft.</p>	<p>Diagnose (formative oder summative) und pädagogisches Handeln: Der Fokus der Diagnose mit Feedback liegt auf dem Lernprodukt.</p>
<p>Die Schülerinnen und Schüler führen die Unterphasen einer Untersuchung durch, um die Reaktionen von verschiedenen Metallen mit Salzsäure oder von unterschiedlichen Säuren mit einem bestimmten Metall zu überprüfen.</p>	<p>Bilder (siehe Anhang 7.3.I)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler diskutieren auf Grundlage zweier Bilder das Phänomen, dass Säuren Metalle ätzen können. Dabei wird noch nicht klar, ob das auch bei allen Metallen funktioniert.</p>	<p>Beobachtungen im Unterricht durch die Lehrkraft, Unterstützung bei Bedarf mithilfe von Denkanstößen</p>
<p>Zusammenstellung möglicher Fragen (siehe Anhang 7.3.II) Checkliste zur Überprüfung der Fragen (siehe Anhang 7.3.III)</p>	<p>Anhand der Problematik wird die Forschungsfrage formuliert. Dabei ergänzen die Lernenden im Muster Gruppe 1 in Partnerarbeit begonnene Fragen und suchen sich eine Frage aus den verschiedenen Möglichkeiten aus (die Checkliste gibt Hilfe). Lernende im Muster Gruppe 2 formulieren die Frage zunächst in Einzelarbeit und gleichen diese anschließend mit dem Partner ab. Dabei muss Einigkeit hergestellt werden. Die Lehrkraft gibt bei Bedarf Hilfe (On-the-fly-Scaffolding).</p>	<p>Forschungsfrage</p>	<p>Geeignete Fragen sind: Können verdünnte Säuren Metalle ätzen? Kann Salzsäure alle Metalle gleich gut ätzen? Können alle Säuren Aluminium gleich gut ätzen?</p>

Checkliste zur Überprüfung der Hypothese (siehe Anhang 7.3.IV)	Die Schülerinnen und Schüler formulieren eine Hypothese in Form eines „Wenn-Dann-Satzes“. Wieder zunächst in Einzelarbeit und dann in Abstimmung mit dem Partner.	Hypothese	Beobachtungen im Unterricht durch die Lehrkraft, Unterstützung bei Bedarf mithilfe von Denkanstößen
Benötigtes Experimentiermaterial je nach Durchführung (z. B. Reagenzglas, Petrischalen, verschiedene Metalle wie Magnesiumband, Aluminiumfolie, Eisenplatte, Kupferblech, Silberblech, Edelstahl ..., Säuren, Schutzbrille, ...)	Formulierung der Durchführungsschritte in Partnerarbeit → Augenmerk auf die verwendete Sprache, Einhaltung der Sicherheitsaspekte und darauf, ob die Hypothese überprüft wird. Nach der Sicherheitsüberprüfung durch die Lehrkraft führen die Lernenden das Experiment paarweise durch. Folgende Experimente sind möglich: <ul style="list-style-type: none"> • Veränderung der Metalle bei gleicher Säure (auf edle und unedle Metalle achten) • Veränderung der Säure bei gleichem Metall • Veränderung der Konzentration einer bestimmten Säure bei gleichem Metall 	Geplantes Experiment	Beobachtungen im Unterricht durch die Lehrkraft, Unterstützung bei Bedarf mithilfe von Denkanstößen
Verschiedene Darstellungsformen (siehe Anhang 7.3.VI) Hilfekarten (siehe Anhang 7.3.VII)	Die Lernenden halten ihre Beobachtungen fest (geeignet ist eine Tabelle). Übergang von <i>geschlossen</i> zu <i>leicht geöffnet</i> : Lernende im Muster-Gruppe 1 bekommen vorher in einem kurzen Input verschiedene Möglichkeiten der Darstellung präsentiert und müssen sich dann im Gespräch mit der Lehrkraft begründet für eine entscheiden. Übergang von <i>geöffnet</i> zu <i>offen</i> : Lernende im Muster-Gruppe 2 erhalten Hilfekarten zur Unterstützung bei der Wahl der Darstellungsform.	Datendarstellung	Beobachtungen im Unterricht durch die Lehrkraft, Unterstützung bei Bedarf mithilfe von Denkanstößen
Die Schülerinnen und Schüler können begründet unterscheiden, welches Metall bzw. welche Säuren sich zum Ätzen eignet/n und welche/s nicht.	Tafelanschrieb (siehe Anhang 7.3.VIII) Im Unterrichtsgespräch werden kurz die Beobachtungen genannt und dann wird gemeinsam über mögliche Schlussfolgerungen gesprochen. Im Anschluss werden die Ausgangsfrage beantwortet und technische Anwendungen angesprochen.	Schlussfolgerung	

Abschluss: Der Unterricht endet mit einer Reflexion über den IBL-Prozess und den persönlichen Lernfortschritt.

Sollten eine oder mehrere Gruppen besonders schnell arbeiten, so kann hier die Anschlussfrage „Welches Gas entsteht?“ weiterverfolgt werden. Alternativ kann diese Frage nach den Schlussfolgerungen im Plenum oder in der folgenden Stunde besprochen werden.

Anhang 7.3.I – Bilder zum Einstieg



Anhang 7.3.II – verschiedene Fragestellungen zur Auswahl

Wir beschäftigen uns heute mit dem Phänomen, dass Säuren Metalle ätzen können. Vervollständige die unteren Fragen und wähle überlegt eine der folgenden Fragestellungen zur Überprüfung aus:

- Können verdünnte Säuren Metalle ätzen?
- Sind Ritterrüstungen schwerer als Rüstungen aus Kunststoff?
- Eignen sich Kupferplatinen oder Kunststoffplatinen besser für den Computerbau?
- Kann Salzsäure _____ gleich gut ätzen?
- Können _____ Aluminium gleich gut ätzen?

Anhang 7.3.III – Checkliste Fragestellung

Checkliste zur Prüfung einer Fragestellung:

- Hat die Frage etwas mit dem Oberthema des aktuellen Chemieunterrichts zu tun?
- Passt die Frage zu unserem Problem?
- Ist die Frage experimentell (zumindest in Teilen) überprüfbar, sodass im Anschluss eine Regel abgeleitet werden kann?

Falls du eine dieser Fragen nicht mit „ja“ beantworten kannst, ist sie keine geeignete Fragestellung. Selbst formulierte Fragen bitte dann abwandeln bzw. eine andere aussuchen.

Anhang 7.3.IV – Checkliste Hypothese





Checkliste zur Überprüfung einer Hypothese:

- Ist die Hypothese eine mögliche Antwort auf die Frage?
- Kannst du deine Hypothese mit deinem Vorwissen begründen?
- Geht aus der Hypothese das zu erwartende Ergebnis hervor?
- Ist die Hypothese in einem Wenn-dann-Satz formuliert?

Wenn du eine dieser Fragen nicht mit „ja“ beantworten kannst, dann musst du deine Hypothese entsprechend ändern oder neu formulieren.

Anhang 7.3.V – Tabelle zur Datenerfassung

Für das Beispiel Salzsäure mit verschiedenen Metallen kannst du deine Beobachtungen in folgender Tabelle erfassen:

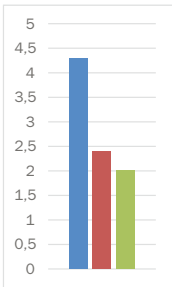
Salzsäure + ...	Eisen	Aluminium	Kupfer	Silber
				
				
				
				
Zuerst die Säure vom Metall entfernen (abspülen)!				

Passe die Tabelle entsprechend der von dir ausgewählten Metalle an. Oder stelle sie bei gleichbleibendem Metall und Veränderung der Säure entsprechend um.

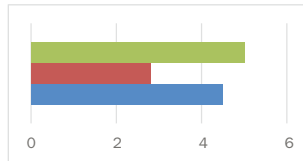
Wenn du nichts in einem Bereich beobachten kannst, dann mache einen Strich in das entsprechende Feld.

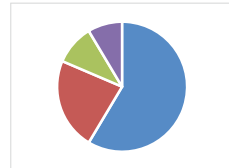
Anhang 7.3.VI – verschiedene Möglichkeiten zur Datenerfassung

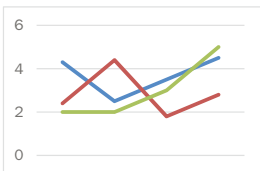
1. Schau dir die verschiedenen Möglichkeiten zur Datenerfassung an und benenne sie.
2. Überlege, für welche Arten von Daten die verschiedenen Erfassungsmethoden geeignet sind.
3. Entscheide, welche Art der Datenerfassung für unser Experiment geeignet ist. Begründe deine Entscheidung.



	xxx	xxx	xxx	xxx
yyy				
yyy				
yyy				
yyy				







1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Anhang 7.3.VII – Hilfekarten für die Auswahl bei der Art der Datenerfassung

Hilfe 1: Überlege dir, welche Arten der Datenerfassung du kennst. Beschränke deine Überlegungen nicht nur auf den Chemieunterricht.

Hilfe 2: Überlege dir zu den Arten der Datenerfassung aus 1, welche Anwendungsbereiche jeweils sinnvoll sind.

Hilfe 3: Hast du eher Daten in Form von Zahlen oder in Form von Text bei dem hier vorliegenden Experiment?

Hilfe 4: Für Daten in Form von Zahlen eignen sich Diagramme, für Daten in Form von Text eignen sich Tabellen und Aufzählungen.

Anhang 7.3.VIII – Tafelanschrieb Schlussfolgerung

Je unedler ein Metall ist, desto besser reagiert es mit Salzsäure. Magnesium reagiert am heftigsten, dann kommen Aluminium und Eisen. Kupfer und Silber werden gar nicht geätzt.

Je stärker eine Säure, desto besser reagiert sie mit einem Metall. Kohlensäure ätzt Eisen kaum, Salpetersäure schon besser und am besten funktioniert Salzsäure.

Bei der Reaktion von Metallen und Salzsäure entsteht ein Gas.

Reaktionsschema (exemplarisch):

Salzsäure + Eisen → Eisenchlorid + ???

Reaktionsgleichung (exemplarisch):

HCl + Fe → FeCl₃ + ???

7.4 Die Rolle von Ruß bei der globalen Erwärmung

Konzeptioneller Wissensbereich, Biologie,
geeignet für Klassenstufe 9–10
Caroline Neudecker

Sachinformation

Themen rund um die globale Erwärmung sind spätestens seit der „Fridays for Future“-Bewegung für Jugendliche relevant und wichtig. Sie kennen Probleme wie das Voranschreiten des anthropogenen Treibhauseffektes durch die Emission von Treibhausgasen und die damit einhergehende globale Erwärmung.

Weniger bekannt ist die Rolle von Ruß, feinen schwarzen Partikeln, die bei der Verbrennung von Treibstoffen, Kohle oder Holz entstehen. Rußpartikel entstehen außerdem bei Buschbränden oder in der Industrie. Diese Partikel lagern sich auf den Schnee- und Eisflächen, in der Antarktis, Arktis und auf Gletschern als dunkle Schleier ab. Als Folge reflektieren Schnee- und Eismassen weniger Sonnenlicht, sie absorbieren es und das Rückstrahlvermögen nimmt ab. Dies führt zu einer Erwärmung und somit zum schnelleren Schmelzen (Nestler, R. 2019; Osterkamp, J. 2022).

Nestler, R. (2019). Ruß lässt Gletscher schneller schmelzen. Verfügbar unter: <https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wissen/natur/2002291-Russ-laesst-Gletscher-schneller-schmelzen.html> (letzter Zugriff: 10.03.2022).

Osterkamp, J. (2022). Umweltverschmutzung verschlimmert Schneeschmelze in der Antarktis. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/news/antarktis-umweltverschmutzung-beschleunigt-schneeschmelze/1990678> (letzter Zugriff: 10.03.2022).

Bestimmung des Wissensbereichs

Im vorliegenden Unterrichtsetting steht der konzeptuelle Wissensbereich im Vordergrund. Das Entwickeln eines Experiments zum Nachweis der Sonnenlichtabsorption durch dunkle Oberflächen und deren Erwärmung dient der Übertragung des Wissens auf globale Phänomene und Folgen menschlichen Handelns. Die Schülerinnen und Schüler sollen die vielschichtigen Zusammenhänge des Klimawandels kennenlernen, verstehen lernen und kritisch reflektieren. Die Transferleistung in andere lebensweltliche Bereiche soll ebenfalls einen Teil des Unterrichts darstellen.

Entscheidungen im Differenzierungsprozess

1. Entscheidung der Sozialform und

Gruppenbildung

Die Schülerinnen und Schüler werden von der Lehrkraft in Zweier- und Dreier-Gruppen eingeteilt. Es entstehen sowohl homogene als auch heterogene Gruppen. Homogene Gruppen können sich ihrem Leistungsniveau zufolge das passende Arbeitsblatt



aussuchen. In heterogeneren Gruppen sollen leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler die schwächeren als Coaches unterstützen. Die Auswahl des Arbeitsblatts erfolgt in den heterogenen Gruppen durch eine demokratische Gruppenentscheidung.

2. Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen



Die Abbildung 7.4.1 zeigt die Grade der Offenheit beim IBL, die für die Gruppen ausgewählt wurden (beispielhaft wird eine fiktive Gruppe 1, die sich für Arbeitsblatt 1, und eine Gruppe 2, die sich für Arbeitsblatt 2 entscheidet, dargestellt). Die unterschiedlichen Farben stellen die verschiedenen beispielhaften Gruppen dar.

Zu Beginn der Unterrichtseinheit stellt die Lehrperson den Schülerinnen und Schülern mithilfe von Schlagzeilen ein aktuelles Problem vor. In Abbildung 7.4.1 ist zu sehen, dass die Phase *Orientierung* für alle Gruppen *geschlossen* ist. Nach der Orientierungsphase werden die Schülerinnen und Schüler in Gruppen eingeteilt und innerhalb der Gruppe wird das Arbeitsblatt 1 oder Arbeitsblatt 2 gewählt. Während die Gruppe mit Arbeitsblatt 1 eine vorformulierte Fragestellung erhält (*geschlossen*), ist die Gruppe mit Arbeitsblatt 2 angehalten, sich eine passende Fragestellung mithilfe des Infotextes am Arbeitsblatt zu überlegen (*geöffnet*). Unterstützung erhalten sie in Form von On-the-fly-Feedback durch die Lehrkraft. Für die *Hypothesengenerierung* wählt Gruppe 1 aus mehreren Hypothesen aus (*leicht geöffnet*), hat aber auch die Möglichkeit eine eigene Hypothese zu formulieren (Übergang zu *geöffnet*). Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, mehrere Hypothesen auszuwählen und später experimentell zu überprüfen. Die Gruppe mit Arbeitsblatt 2 generiert eine eigene Hypothese zur Fragestellung (*offen*). Hier werden sie, im Falle dass sie Hilfe benötigen, durch die Lehrkraft mit On-the-fly-Feedback unterstützt. Die Unterphase *Planung und Ausführung Untersuchung* ist in Gruppe 1 *leicht geöffnet*. Die Schülerinnen und Schüler erhalten später als Scaffold unterschiedliche Experimentieraufbauten auf Hilfskarten: Müssen aber entsprechend der Aufgabenstellung aus unterschiedlichen Materialien das für ihre Hypothese geeignete aussuchen (was schon den nächsten Öffnungsgrad darstellt, siehe Kompetenzerweiterung). Die Gruppe 2 mit Arbeitsblatt 2 wählt eigenständig passendes Material zur *Planung und Ausführung einer Untersuchung* (*offen*). Als Unterstützung können Materialvorschläge am Lehrertisch eingesehen werden. Für die *Dateninterpretation* steht der Gruppe 1 mit Arbeitsblatt 1 eine vorgefertigte Tabelle zur Verfügung, die Schülerinnen und Schüler entscheiden, welche Beobachtung oder Messung eingetragen wird (*geschlossen*). Die Gruppe 2 mit Arbeitsblatt 2 findet eine leere Tabelle auf ihrem Arbeitsblatt (*leicht geöffnet*). Die *Schlussfolgerung* ist für beide Gruppen zuerst in schriftlicher Form durch Beantwortung von Fragen zu verfassen (*geöffnet*) und anschließend werden diese im Plenum besprochen und diskutiert.

Abb. 7.4.1: Mögliche Offenheit für die beiden Gruppen; Gruppe 1 arbeitet mit dem Arbeitsblatt 1 und Gruppe 2 mit dem Arbeitsblatt 2

		0 geschlossen	1 leicht geöffnet	2 geöffnet	3 offen
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

3. Entscheidung über die Unterphase(n), die zum nächsten Offenheitsgrad hin geöffnet werden soll(en)



Die Abbildung 7.4.2 illustriert die Unterphasen, die im Beispiel in ihrer Offenheit erweitert werden.

Die Schülerinnen und Schüler in der *leicht geöffneten* Unterphase (Gruppe 1) *Hypothesengenerierung* werden dabei unterstützt, den nächsten Grad der Offenheit (*geöffnet*) zu erreichen. In der Unterphase *Planung und Ausführung Untersuchung* erfolgt dies analog. In der Unterphase *Schlussfolgerung* soll Gruppe 2 bekräftigt werden, eigene Schlussfolgerungen zu überlegen.

4. Entscheidung über Methoden zum Scaffolding

Bei der Erstellung von Hypothesen wird Gruppe 1 eine Auswahl der Hypothesen und die Möglichkeit zur eigenen Formulierung gegeben.



Für die Unterphase *Planung und Ausführung Untersuchung* stehen der Gruppe 1 mit dem Arbeitsblatt 1 Hilfekarten mit Bildern (Versuchsaufbau) zur Verfügung, um bei Bedarf Anregungen zu bekommen. Gruppe 2 wird in der Unterphase *Schlussfolgerung* bei Bedarf mit verbalen Hilfen unterstützt (Hilfe 1: Fasse

Abb. 7.4.2: Überführung zum nächsten Offenheitsgrad

		0 geschlossen	1 leicht geöffnet	2 geöffnet	3 offen
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ● Gruppe 1 ● Gruppe 2 </div>		Anleitung Lehrkraft Selbstständigkeit Lernende			

zuerst dein Ergebnis zusammen. Hilfe 2: Konnte eure Hypothese belegt/widerlegt werden? Hilfe 3: Ist dann die Fragestellung beantwortet? Hilfe 4: Was bedeutet euer Ergebnis in Bezug auf den Klimawandel und auf ein nachhaltiges Handeln?.

Unterrichtsskizze

Klassenstufe: 9–10	Fach: Biologie/Naturwissenschaftenliche Fächer	Unterrichtsthema: Die Rolle von Ruß bei der globalen Erwärmung	Zeit: 90 Minuten
<p>Vorwissen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Schülerinnen und Schüler wissen bereits, dass: <ul style="list-style-type: none"> der natürliche Treibhauseffekt die Erde bewohn- und bewirtschaftbar macht. der anthropogene Treibhauseffekt den Klimawandel fördert. die globale Erwärmung die Polkappen schmelzen lässt. die globale Erwärmung weitreichende ökologische und wirtschaftliche Folgen mit sich bringt. Die Schülerinnen und Schüler können bereits: <ul style="list-style-type: none"> abhängige und unabhängige Variablen unterscheiden. Kontroll- und Testansätze zuordnen. Experimentierprotokolle schreiben. 	<p>Leitende Problem-/Fragestellung: Die Schülerinnen und Schüler untersuchen, wie sich die Ablagerung von Rußpartikeln auf Gletschern bzw. Eis- und Schneemassen auswirken kann.</p>	<p>Lernziele: Diese müssen operationalisierbar sein und mit Blick auf die Lernprodukte überprüft werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> Lehr-Lern-Material: Dies kann eine Referenz auf reales, gedrucktes oder digitales Material sein. 	<p>Lernprodukt: Dieses muss inhaltliche oder prozedurale Kompetenzen widerspiegeln, die in den Lernzielen formuliert sind und lernendenzen-trierte Lernaktivitäten ermöglichen.</p>
<p>Die Schülerinnen und Schüler erkennen ein Problem in der Ablagerung von Ruß auf Gletschern, arktischem und antarktischem Eis. Schülerinnen und Schüler planen ein Experiment und führen dieses durch.</p>	<p>Lernaktivität: Beschreibt, was die Schülerinnen und Schüler machen, einschließlich der Erklärungen und Unterstützung durch die Lehrkraft.</p> <p>Die Lehrkraft fragt: „Was haben Buschbrände, rauchende Schornsteine und Kreuzfahrtschiffe gemeinsam?“ Lehrkraft projiziert nacheinander unterschiedliche Schlagzeilen und Lernende diskutieren darüber, dass Rußpartikel Schnee- und Eisflächen abdunkeln.</p>	<p>Problem</p>	

Arbeitsblatt 1 oder 2 (Anhang 7.4.III und 7.4.IV)	Nach dem die Schülerinnen und Schüler in Zweier- und Dreier-Gruppen eingeteilt wurden, entscheiden sie sich, je nach Leistungsniveau, für Arbeitsblatt 1 oder Arbeitsblatt 2 (Lehrkraft gibt gegebenenfalls Orientierung). Einleitend lesen sie den Kurztex: der sich auf beiden Arbeitsblättern befindet. Die Gruppen mit Arbeitsblatt 1 (Gruppe 1) erhalten eine vorgegebene Fragestellung, die Gruppen mit Arbeitsblatt 2 (Gruppe 2) überlegen sich eine passende Fragestellung. Die Lehrkraft unterstützt mit Denkanstößen.	Forschungsfrage	Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf verbale Unterstützung durch die Lehrkraft.
Arbeitsblatt 1 oder 2 (Anhang 7.4.III und 7.4.IV)	Die Schülerinnen und Schüler mit Arbeitsblatt 1 wählen aus vorgegebenen Hypothesen eine oder mehrere aus. Sie erhalten auch die Möglichkeit, eine eigene Hypothese aufzustellen. Die Schülerinnen und Schüler mit Arbeitsblatt 2 überlegen eigenständig eine oder mehrere passende Hypothese(n).	Hypothese	Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf verbale Unterstützung durch die Lehrkraft.
Hilfekarten: Bilder mit möglichem Versuchsaufbau (Anhang 7.4.II)	Alle Schülerinnen und Schüler definieren nach dem Aufstellen ihrer Hypothesen die abhängige und die unabhängige Variable. Die Schülerinnen und Schüler mit Arbeitsblatt 1 planen ein Experiment, das zur ausgewählten Hypothese passt. Dabei wählen sie aus dem Material das passende aus. Als Scaifolds dienen Hilfekarten, die mögliche Versuchsaufbaue zeigen.	Geplantes Experiment	Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf verbale Unterstützung durch die Lehrkraft. Arbeitsblätter können zur Diagnose verwendet werden.
<ul style="list-style-type: none"> • Eiswürfel • Schere • Klebeband • Becher • schwarzes Papier • weißes Papier • Waage • schwarze Tinte • Lampe (Sonne) • Stoppuhr • Thermometer 	Die Schülerinnen und Schüler mit Arbeitsblatt 2 planen ein Experiment zur ausgewählten Hypothese. Sie können, wenn sie Probleme bei der Planung haben, Einsicht in die Materialauswahl auf dem Lehrertisch nehmen. Auf dem Arbeitsblatt dokumentieren die Schülerinnen und Schüler den Aufbau/Ablauf ihres Testansatzes und überlegen sich im Anschluss einen Kontrollansatz für ihr Experiment. Hier steht die Lehrkraft bei Bedarf unterstützend zur Verfügung. Auf dem Arbeitsblatt befindet sich Platz, um den geplanten Versuchsaufbau vor und nach dem Experiment zu skizzieren.	Datendarstellung	Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf verbale Unterstützung durch die Lehrkraft.

Simulation zum Rückgang des Gletschereises des Columbia Glacier:
<https://earthengine.google.com/timelapse/>
 oder
 Simulation zum Rückgang des Grönland-Eises:
<https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2019-06/klimawandel-treibhausgasereffekt-erdenwaer-mung-folgen>
 oder
 Luftaufnahme Okjökull-Gletscher (Island) 1986 und 2019:
<https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.klimawandel-die-grossen-gletscher-schmelzen-dahin.f2148208-a5bf-47b8-9306-0a87b56551c5.html>

Alle Schülerinnen und Schüler sollen im ersten Teil der Schlussfolgerung ihre Ergebnisse zusammenfassen und erläutern. Im Anschluss erklären sie, ob ihre Hypothese bestätigt werden konnte. Abschließend überlegen die Schülerinnen und Schüler Folgerungen in Bezug auf die Klimaerwärmung und wo die Farbe der Oberfläche und deren damit verbundene Erwärmung eventuell noch eine Rolle spielen könnte. Im Unterrichtsgespräch werden der gesamte Prozess reflektiert und die Ideen aus den Schlussfolgerungen diskutiert. Die Lehrkraft kann unterstützend Fragen stellen wie: „In welchem Auto würdet ihr an einem heißen Sommertag lieber mitfahren, in einem schwarzen oder weißen?“ „Welche Farbe sollten Häuser in heißen oder kalten Gegenden der Erde haben?“ „Welche Farbe eignet sich für Sonnenkollektoren?“ etc. Um die Rolle von (weißen) Eisflächen zu verdeutlichen, zeigt die Lehrkraft zum Abschluss Satellitenbilder von Gletschern oder arktischem Eis im zeitlichen Verlauf und regt eine Diskussion an. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass durch das Schmelzen der Eisflächen die „heilen“ Oberflächen immer weniger werden und eine negative Rückkopplung entsteht. Je weniger Eis, desto weniger Rückstrahlung und umso stärker die (globale) Erwärmung.

Mögliche Folgethemen:

- Auswirkungen der globalen Erwärmung für Lebewesen in Arktis und Antarktis → Biologie
- Auswirkungen der globalen Erwärmung auf Globale Strömungen (Golfstrom) → Geografie
- Albedo-Effekt → Physik

Anhang 7.4.I – Schlagzeilen

BBC NEWS Climate change: Soot's role underestimated, says study



Die unterschätzte Rolle von Russ bei der globalen Erwärmung

Neue Zürcher Zeitung

NATIONAL GEOGRAPHIC

Soot and Dirt Is Melting Snow and Ice Around the World

New report highlights increased loss in Greenland ice cap from dust and soot.

GLETSCHERFORSCHUNG

WIENER ZEITUNG

Ruß lässt Gletscher schneller schmelzen

News
22.02.2022
Minuten
Duisburger
Zeitung

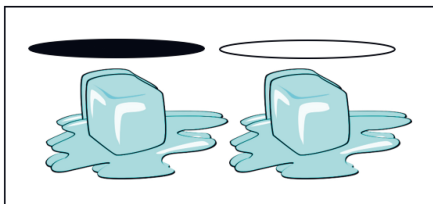
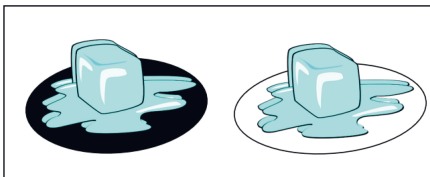
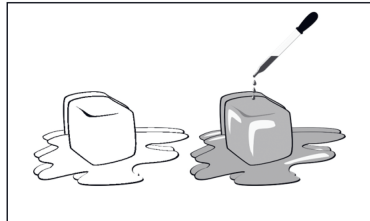
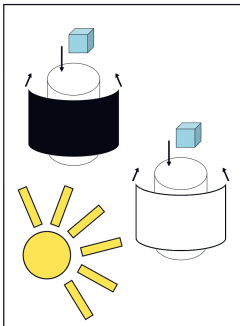
ANTARKTIS

Umweltverschmutzung verschlimmert Schneeschmelze in der Antarktis

Spektrum.de

In der Antarktis ist die Umweltverschmutzung hausgemacht: Je mehr Kreuzfahrtschiffe kommen, desto mehr Ruß legt sich auf den Schnee. Und der schmilzt dann schneller als ohnehin.

Anhang 7.4.II – Hilfefkarten

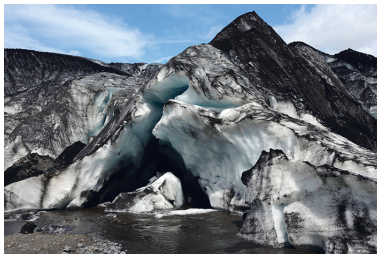


Anhang 7.4.III – Arbeitsblatt 1 (für Gruppe 1)

Die Rolle von Ruß bei der globalen Erwärmung

Dass durch die Verbrennung fossiler Energieträger Treibhausgase freigesetzt werden, die wiederum zur globalen Erwärmung beitragen, ist dir bereits bekannt.

Weniger bekannt ist die Rolle von Ruß, feinen schwarzen Partikeln, die bei der Verbrennung von Treibstoffen, Kohle oder Holz entstehen. Rußpartikel entstehen außerdem bei Buschbränden oder in der Industrie. Diese Partikel lagern sich auf den Schnee- und Eisflächen in der Antarktis, Arktis und auf Gletschern als dunkle Schleier ab.



Gletscher – Bild von: *anncapictures*, 2016, verfügbar auf Pixabay (License for free commercial use)

Forschungsfrage: Führen dunkle Oberflächen zu einer Erwärmung und somit zum schnelleren Schmelzen von Eis?

Wähle eine (oder mehrere) Hypothese(n) aus, die du gerne überprüfen möchtest:

- Hypothese 1:** Wenn unter Eis eine schwarze Schicht liegt, dann schmilzt es schneller.
- Hypothese 2:** Das verschmutzte Eis führt dazu, dass sich die weißen Tiere der Arktis nicht mehr tarnen können.
- Hypothese 3:** Wenn Eis dunkel ummantelt ist, dann schmilzt es schneller.
- Hypothese 4** (für eine eigene Idee):

Entsprechend unserer Hypothese ist

die **abhängige Variable:** _____

und die **unabhängige Variable:** _____

Material (wähle das Material aus, das du zum Überprüfen deiner Hypothese brauchst):

- Eiswürfel
- Schere
- Klebeband
- Becher
- schwarzes Papier
- weißes Papier
- Waage
- schwarze Tinte
- Lampe (Sonne)
- Stoppuhr

Testansatz: Formuliere den Testansatz für deine ausgewählte Hypothese. Wichtig: Nur eine abhängige Variable darf pro Ansatz verändert werden.

Kontrollansatz: Fasse zusammen, wie du deinen Testansatz kontrollieren kannst.



*Hier ist Platz für eine Skizze oder ein Foto von deinen Ansätzen
vor ... und nach dem Versuch!*

--	--

Protokolliere, wie die Eiswürfel nach 10 Minuten aussehen und die Zeit, nach der der erste Eiswürfel geschmolzen ist:

Zustand Kontrollansatz	Zustand Testansatz (1)	Zustand Testansatz (2) optional
------------------------	---------------------------	------------------------------------

Minute: 10

Minute: _____

Datenauswertung und Schlussfolgerung:

1. Fasse dein Ergebnis zusammen.
2. Erkläre, ob du deine Hypothese(n) bestätigen konntest oder verwerfen musstest.
3. Was bedeutet dein Experiment für dich? Welche Schlüsse kannst du ziehen? Hast du einen Nutzen vom neuen Wissen?

1. _____

2. _____

3. _____

Anhang 7.4.IV – Arbeitsblatt 2 (für Gruppe 2)

Die Rolle von Ruß bei der globalen Erwärmung

Dass durch die Verbrennung fossiler Energieträger Treibhausgase freigesetzt werden, die wiederum zur globalen Erwärmung beitragen, ist dir bereits bekannt.

Weniger bekannt ist die Rolle von Ruß, feinen schwarzen Partikeln, die bei der Verbrennung von Treibstoffen, Kohle oder Holz entstehen. Rußpartikel entstehen außerdem bei Buschbränden oder in der Industrie. Diese Partikel lagern sich auf den Schnee- und Eisflächen in der Antarktis, Arktis und auf Gletschern als dunkle Schleier ab, was das Schmelzen beeinflusst.



Gletscher – Bild von: *anncapictures*, 2016, verfügbar auf Pixabay (License for free commercial use)

Überlege eine passende Forschungsfrage zur beschriebenen Problematik.

Forschungsfrage:

Stelle eine (oder mehrere) Hypothese(n) auf, wie du glaubst, dass deine Forschungsfrage beantwortet werden könnte.

Hypothese 1:

Hypothese 2:

Entsprechend unserer Hypothese ist

die **abhängige Variable**: _____

und die **unabhängige Variable**: _____

Material (welches Material benötigst du zum Überprüfen deiner Hypothese?):

Testansatz: Formuliere den Testansatz für deine ausgewählte Hypothese. Wichtig:
Nur eine abhängige Variable darf pro Ansatz verändert werden.

Kontrollansatz: Fasse zusammen, wie du deinen Testansatz kontrollieren kannst.



Hier ist Platz für eine Skizze oder ein Foto von deinen Ansätzen
vor ... und nach dem Versuch

--	--

Protokolliere (Überlege, welche Notizen, Zahlen, Daten etc. du für die Auswertung benötigst):

Datenauswertung und Schlussfolgerung:

7.5 Faktoren, die das Schmelzen von Eis beeinflussen

Konzeptioneller Wissensbereich, Physik,
geeignet für Klassenstufe 6–7
Pasi Nieminen

Bestimmung des Wissensbereichs

Der Unterricht zielt auf den konzeptionellen Wissensbereich, daher wird der Schlussfolgerung viel Beachtung geschenkt. Die Schlüsselkonzepte, die in der Stunde aufgegriffen werden, sind die Wärmeübertragung und Wärmekapazität. Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass das Schmelzen von Eis Energie erfordert, die durch Strahlung und Wärmeleitung übertragen wird (Konvektion ist in diesem Fall nicht entscheidend und soll nicht betrachtet werden), sowie dass unterschiedlich farbige Oberflächen unterschiedliche Mengen an Wärmestrahlung absorbieren und die Masse der Eiswürfel die Geschwindigkeit des Schmelzens beeinflusst (Wärmekapazität).

Entscheidungen im Differenzierungsprozess

1. Entscheidung der Sozialform und Gruppenbildung

Die Schülerinnen und Schüler bilden heterogene Gruppen, in denen die leistungsstärkeren Lernenden die leistungsschwächeren unterstützen können. Die Lehrkraft weiß, dass einige Schülerinnen und Schüler noch viel Übung und Hilfe bei der Auswahl eines geeigneten experimentellen Aufbaus benötigen (Unterphase *Planung und Ausführung Untersuchung*), während andere bereits einen Aufbau erstellen können. Alle Lernenden, die viel Unterstützung bei der Planung und Ausführung benötigen, werden in Gruppen eingeteilt, in denen auch Schülerinnen und Schüler sind, die in der Planung und im Ausführen einer Untersuchung fortgeschrittener sind. Dennoch entscheidet die Lehrkraft in unserem Beispiel, dass für manche Gruppen trotz dieser Unterstützung ein stark geöffnetes Arbeiten in dieser Unterphase nicht möglich ist. Hingegen können bei den anderen Unterphasen durch die heterogene Gruppenbildung für alle Gruppen gleiche bzw. nahezu gleiche Öffnungsgrade eingeplant werden.



2. Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen

Die Abbildung 7.5.1 zeigt die Offenheitsgrade der Unterphasen beim IBL, denen die jeweiligen heterogenen Gruppen angehören. Alle Gruppen werden einem der beiden Muster (Muster Gruppe 1 oder Muster Gruppe 2) zugeordnet. Die verschiedenen Farben repräsentieren daher die beiden möglichen Muster der Offenheit beim IBL-Prozess.



Abb. 7.5.1: Mögliche Offenheit für die Gruppen

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
	Orientierung	Lernende wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft Selbstständigkeit Lernende			

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

Die Abbildung zeigt, dass sich im Falle dieser Unterrichtsstunde alle Gruppen mit einem vorgegebenen Problem befassen (*Orientierung geschlossen*). Darüber hinaus gibt die Lehrkraft eine Forschungsfrage vor (*Fragestellung geschlossen*), auch wenn sie zunächst mit den Schülerinnen und Schülern über das Schmelzen von Eis diskutiert. In Bezug auf die Unterphase *Hypothesengenerierung* können einige der heterogenen Gruppen eine geeignete Hypothese aus einer Liste auswählen (*leicht geöffnet*) und einige heterogene Gruppen können Hypothesen mit Unterstützung formulieren (*geöffnet*). In der Unterphase *Planung und Ausführung Untersuchung* benötigen einige Gruppen bereitgestellte Anweisungen (*geschlossen*), die anderen Gruppen arbeiten mit Unterstützung (*geöffnet*). In den letzten beiden Unterphasen befinden sich alle Gruppen in den gleichen Offenheitsgraden. Sie können Daten ohne Unterstützung interpretieren (*Dateninterpretation offen*) und mit Unterstützung Schlussfolgerungen ziehen (*Schlussfolgerung geöffnet*).

3. Entscheidung über die Unterphase(n), die zum nächsten Offenheitsgrad hin geöffnet werden soll(en)



Die Abbildung 7.5.2 veranschaulicht die Unterphasen, in denen die Lernenden mittels Scaffolding unterstützt werden, um die nächste Stufe der Offenheit zu erreichen.

Abb. 7.5.2: Überführung zum nächsten Offenheitsgrad

		0 geschlossen	1 leicht geöffnet	2 geöffnet	3 offen
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● **Gruppe 1**
● **Gruppe 2**

4. Entscheidung über Methoden zum Scaffolding

Für die Unterphase *Hypothesengenerierung* wird als Scaffold die Bereitstellung von Hilfen bzw. Prompts gewählt, um die Lernenden dabei zu unterstützen, Hypothesen zu formulieren. Die Gruppen, die sich von *leicht geöffnet* zu *geöffnet* bewegen, erhalten alle notwendigen Wörter, die sie benötigen, um ihre Hypothese zu formulieren. Andere Gruppen, die sich vom *geöffneten* zum *offenen* Grad bewegen, erhalten nur einen allgemeinen Hinweis (Prompts), um die unabhängigen und abhängigen Variablen im Auge zu behalten.



Für die Unterphase *Planung und Ausführung Untersuchung* werden einigen Gruppen (*geschlossen* zu *leicht geöffnet*) bildliche Alternativen möglicher Experimentaufbauten gegeben, was ihnen visuell hilft, verschiedene mögliche Aufbauten in Betracht zu ziehen (siehe Anhang 7.5.II) und sie zum Auswählen auffordert. Bei der Auswahl können die leistungsstärkeren Schülerinnen und Schüler der heterogenen Gruppen Hilfen und Denkanregungen geben. Gruppen, die sich von *geöffnet* zu *offen* bewegen, werden von der Lehrkraft on-the-fly unterstützt, wenn sie Hilfe benötigen.

Unterrichtsskizze

Klassenstufe: 6 – 7	Fach: Physik	Unterrichtsthema: Faktoren, die das Schmelzen von Eis beeinflussen	Zeit: 90 min (2x 45 min)
Vorwissen:	<p>Die Schülerinnen und Schüler wissen bereits, dass:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eis beim Erhitzen schmilzt und zu flüssigem Wasser wird. • ein größeres Stück Eis langsamer schmilzt. 		
Leitende Problem-/Fragestellung:	Die Schülerinnen und Schüler setzen sich damit auseinander, wie man ein Stück Eis so schnell wie möglich zum Schmelzen bringen kann, wenn es z. B. im Frühling im Freien von der Sonne erwärmt wird.		
Lernziele: Diese müssen operationalisierbar sein und mit Blick auf die Lernprodukte überprüft werden.	Lehr-Lern-Material: Dies kann eine Referenz auf reales, gedrucktes oder digitales Material sein.	Lernaktivität: Beschreibt, was die Schülerinnen und Schüler machen, einschließlich der Erklärungen und Unterstützung durch die Lehrkraft.	Lernprodukt: Dieses muss inhaltliche oder prozedurale Kompetenzen widerspiegeln, die in den Lernzielen formuliert sind und lernendenzentrierte Lernaktivitäten ermöglichen.
Die Schülerinnen und Schüler planen und untersuchen die Faktoren, die das Schmelzen eines Eiswürfels beeinflussen.	Die Lehrkraft fragt die Schülerinnen und Schüler, ob jemand im Frühjahr nach einem verschneiten Winter eine Hausmeisterin, einen Hausmeister oder jemand anderen gesehen hat, der einen Schneehaufen auf dem Asphalt ausgebreitet hat (dies wird z. B. in Finnland so gemacht). Warum hat er/sie das getan? Dann bittet die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler, darüber nachzudenken, wie man einen Eiswürfel draußen so schnell wie möglich zum Schmelzen bringen kann. Die Lehrkraft führt die Diskussion fort, sodass mehrere mögliche Faktoren, die das Schmelzen eines Eiswürfels beeinflussen, benannt werden. Die Lehrkraft nennt die Forschungsfrage: Welche Faktoren beeinflussen das Schmelzen von Eiswürfeln im Freien?	Forschungsfrage	Dies ist eine von der Lehrkraft geleitete Phase, aber durch die Diskussion erhält die Lehrkraft Informationen über das Denken und die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler, die später möglicherweise relevant sind. In diesem Sinne ist es eine formative Diagnose.
Scaffold (Anhang 7.5.I-A + -B)	Lernende in den Gruppen, die sich von leicht geöffnet zu geöffnet bewegen, erhalten alle notwendigen Wörter, die sie benötigen, um ihre Hypothese zu formulieren (Anhang 7.5.I-A). Die anderen Gruppen, die sich vom geöffneten zum offenen Grad bewegen, erhalten nur einen allgemeinen Hinweis, um die unabhängigen und abhängigen Variablen im Auge zu behalten (Anhang 7.5.I-B).		
		Hypothese	

<p>Material für Experiment: z. B. Eiswürfel in unterschiedlicher Größe, Wärmelampen, Oberflächenmaterialien in unterschiedlichen Farben, Stoppuhr Scaffold für Gruppe 1 (Anhang 7.5.II)</p>	<p>Übergang von geschlossen zu leicht geöffnet: Den Lernenden werden bildliche Alternativen möglicher Designs zur Verfügung gestellt. Sie müssen eine Auswahl treffen und dabei entscheiden, welche Varianten nicht passend sind (siehe Anhang 7.5.II). Bei Bedarf hilft die Lehrkraft dabei, ein geeignetes Design auszuwählen. Die Schülerinnen und Schüler führen das Experiment entsprechend der gewählten Abbildung und den gegebenen Materialien (Eiswürfel, Wärmelampen, Oberflächenmaterialien, Stoppuhr) durch. Sie messen die Schmelzzeit der Eiswürfel.</p>	<p>Geplantes Experiment</p>	<p>Im Sinne der formativen Diagnostik unterstützt die Lehrkraft spontan, wenn Schülerinnen und Schüler Hilfe benötigen.</p>
<p>Fragen (Anhang 7.5.III)</p>	<p>Übergang von geöffnet zu offen: Die Lernenden entwickeln ihr eigenes experimentelles Design, um ihre Hypothese zu überprüfen. Die Schülerinnen und Schüler können sich hierfür mögliche Materialien ansehen. Die Lehrkraft bittet die Schülerinnen und Schüler, die Zeit zu messen, damit die verschiedenen untersuchten Faktoren zwischen verschiedenen Gruppen verglichen werden können. Die Lehrkraft gibt spontane (on-the-fly) Unterstützung bei Bedarf.</p>	<p>Notation der Daten</p>	<p>Lehrkraft beobachtet die Lernenden und gibt bei Bedarf Hilfe.</p>
<p>Die Schülerinnen und Schüler bauen ein Verständnis und ein Wissen zum Phänomen des Schmelzens von Eiswürfeln unter verschiedenen Bedingungen auf.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler schließen ihre Experimentierarbeit ab, indem sie die Schmelzzeiten interpretieren. Dazu beantworten sie die beiden vorgegebenen Fragen. Im Unterrichtsgespräch wird die Theorie zum Schmelzen von Eiswürfeln und den beeinflussenden Faktoren erschlossen und notiert. Die Lehrkraft leitet das Unterrichtsgespräch je nach Bedarf weniger oder stärker an.</p>	<p>Antworten auf die Fragen</p>	<p>Lehrkraft beobachtet die Lernenden und gibt bei Bedarf Hilfe.</p>

Anhang 7.5.I – Hilfen zur Hypothesengenerierung

A) Scaffolding von *leicht geöffnet* zu *geöffnet*

Unsere Forschungsfrage lautet: Welche Faktoren beeinflussen das Schmelzen (Schmelzrate) von Eiswürfeln im Freien?

Ein möglicher Faktor, den wir identifiziert haben, ist die Farbe des Untergrundes, auf dem der Eiswürfel liegt. Formuliert eine Hypothese (Vermutung) mit den gegebenen Begriffen:

als / im Sonnenlicht platziert / im Schatten platziert / schmilzt schneller / ein Eiswürfel / auf einer schwarzen Oberfläche / auf einer weißen Oberfläche

B) Scaffolding von *geöffnet* zu *offen*

Unsere Forschungsfrage lautet: Welche Faktoren beeinflussen das Schmelzen (Schmelzrate) von Eiswürfeln im Freien?

Wir haben viele mögliche Faktoren identifiziert. Wählt als Gruppe einen Faktor aus, den ihr untersuchen möchtet.

Formuliert eine Hypothese (Vermutung). Stellt dabei sicher, dass die *unabhängige Variable* (z. B. die Farbe des Untergrunds, die Größe der Eiswürfel oder die Platzierung im Sonnenlicht/Schatten) und die Reihenfolge des Schmelzens der Eiswürfel angegeben wird.

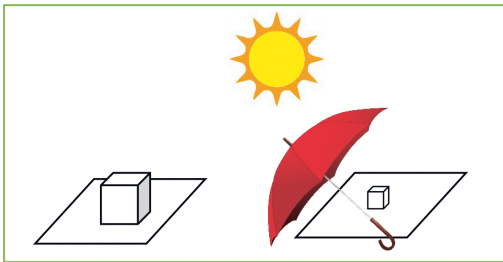
Anhang 7.5.II – Scaffold Gruppe 1 zur Planung und Ausführung eines Experiments

Untersuchungsdesigns

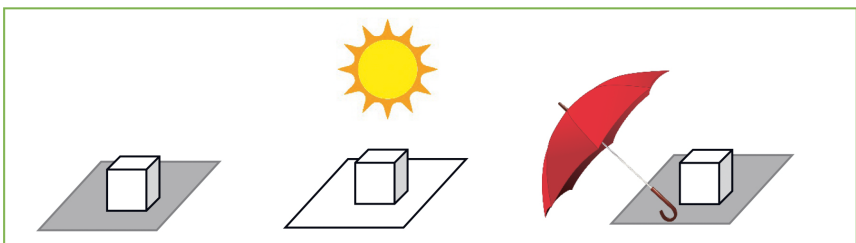
Mit den Bildern unten wie auch mit ähnlichen anderen Bildern ist es möglich, auch andere Hypothesen zu bilden (z. B. Größe von Eiswürfeln und Platzierung in Sonnenlicht/Schatten), aber in unserem Fall wird nur die Wirkung der Farbe des Untergrundes untersucht.

Ihr müsst überlegt auswählen, welches der folgenden Untersuchungsdesigns wirklich geeignet ist, um die Wirkung der Farbe des Untergrundes zu untersuchen.

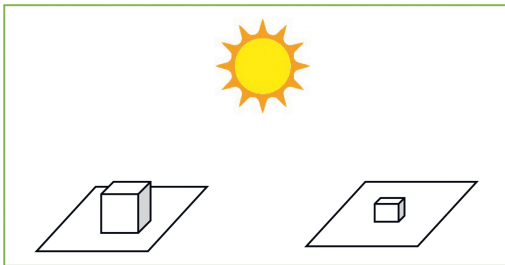
- a) Ein großer Eiswürfel im Sonnenlicht und ein kleiner im Schatten.



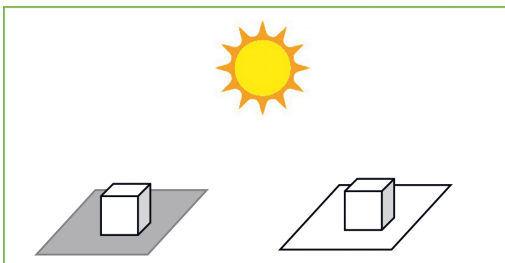
- b) Gleich große Eiswürfel werden drei verschiedenen Bedingungen ausgesetzt. Einer liegt auf einem schwarzen Untergrund in der Sonne, ein anderer auf einem weißen Untergrund in der Sonne und eine dritter auf einem schwarzen Untergrund im Schatten.



- c) Ein großer und ein kleiner Eiswürfel, beide liegen auf einem weißen Untergrund und in der Sonne.



- d) Zwei gleich große Eiswürfel, der eine liegt auf einem schwarzen Untergrund, der andere auf einem weißen Untergrund. Beide liegen in der Sonne.



Anhang 7.5.III – Hilfe zur Dateninterpretation und Schlussfolgerung

Ihr habt das Schmelzen von Eiswürfeln unter bestimmten Bedingungen untersucht. Wurde eure Hypothese bestätigt oder widerlegt? Bitte begründet.

Bestätigt, weil:

Widerlegt, weil:

7.6 Wärme und Temperatur

Konzeptioneller Wissensbereich, Physik,
geeignet für Klassenstufe 9
Nikoletta Xenofontos

Bestimmung des Wissensbereichs

Der Unterricht ist auf den konzeptionellen Wissensbereich ausgerichtet. Der Schwerpunkt des Unterrichts liegt auf dem Verständnis des Phänomens der Wärmeübertragung und des Konzepts der spezifischen Wärmekapazität. Der Schlussfolgerung wird aus diesem Grund (konzeptioneller Wissensbereich) im Unterrichtsverlauf viel Beachtung geschenkt.

Entscheidungen für den Differenzierungsprozess

1. Entscheidung der Sozialform und

Gruppenbildung

Die Schülerinnen und Schüler werden in diesem Beispiel in homogene Gruppen eingeteilt, sodass alle Mitglieder einer Gruppe Aufgaben von angemessener Komplexität erhalten. Die allgemeinen Lernziele sind für die Gruppen gleich, Unterschiede gibt es in der Ausbildung der Kompetenzen (siehe unten).



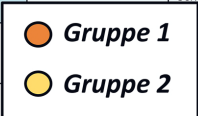

2. Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen

Die Abbildung 7.6.1 zeigt die Grade der Offenheit beim IBL, die für die Gruppen identifiziert wurden (beispielhaft wurden zwei Gruppen dargestellt). Die unterschiedlichen Farben stellen die verschiedenen Gruppen dar.



Wie in der Abbildung dargestellt, wird allen Gruppen ein Problem (vor) gegeben (Unterphase ist *geschlossen*). Die Gruppen haben die Kompetenz, um mithilfe von Unterstützung (Unterphase ist *geöffnet*) Forschungsfragen zu formulieren. Möglicherweise wird den Gruppen Unterstützung in Form von On-the-fly-Feedback angeboten. Bei der *Hypothesengenerierung* kann Gruppe 2 aus einer Liste von vorgegebenen Hypothesen auswählen und die Gruppe 1 kann Hypothesen mithilfe von Unterstützung (siehe unten) formulieren. In den Unterphasen *Planung und Ausführung Untersuchung, Dateninterpretation und Schlussfolgerung* wird für beide Gruppen jeweils der gleiche Grad der Offenheit ausgewählt. Die Schülerinnen und Schüler können aus einer Reihe von Anleitungen auswählen und sie können die Daten mithilfe von Unterstützung analysieren und Schlussfolgerungen ziehen.

Abb. 7.6.1: Mögliche Offenheitsgrade für die beiden Gruppen

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
					

3. Entscheidung über die Unterphase(n), die zum nächsten Offenheitsgrad hin geöffnet werden soll(en)



Die Abbildung 7.6.2 illustriert die Unterphasen, in denen die Schülerinnen und Schüler durch Scaffolding unterstützt werden sollen, um den nächsten Grad der Offenheit zu erreichen.

Die Schülerinnen und Schüler in der *leicht geöffneten* Unterphase (Gruppe 2) der *Hypothesengenerierung* werden dabei unterstützt, den nächsten Grad der Offenheit (*geöffnet*) zu erreichen und die Schülerinnen und Schüler im *geöffneten* Grad (Gruppe 1) werden dabei unterstützt, zum *offenen* Grad zu kommen. Entsprechend erfolgt dies auch in der Unterphase *Planung und Ausführung einer Untersuchung*. Hier werden beide Gruppen unterstützt, den nächsten Öffnungsgrad zu erreichen (Übergang von *leicht geöffnet* zu *geöffnet*).

4. Entscheidung über Methoden zum Scaffolding

Für die Unterphase *Hypothesengenerierung* wurde als Methode zum Scaffolding das Bereitstellen von Hinweisen gewählt (siehe Anhang 7.6.I). In Gruppe 2 (Übergang von *leicht geöffnet* zu *geöffnet*) beinhaltet der Hinweis alle notwendigen strukturellen Komponenten zur Formulierung einer Hypothese in



Abb. 7.6.2: Überführung zum nächsten Offenheitsgrad

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
	Orientierung	Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
Konzeptualisierung	Fragestellung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
Untersuchung	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
	Schlussfolgerung	Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● Gruppe 1

● Gruppe 2

der Form einer Wenn-dann-Aussage. In Gruppe 1 (Übergang von *geöffnet* zu *offen*) beinhaltet der Hinweis nur die wichtigsten strukturellen Komponenten für die Hypothesenformulierung, nämlich die unabhängige und abhängige Variable. Für die Unterphase *Planung und Ausführung Untersuchung* wurden Hilfekarten als Methode zum Scaffolding ausgewählt, um die Schülerinnen und Schüler dabei zu unterstützen, ihr Experiment in einer offeneren Form zu planen (siehe Anhang 7.6.II).

Unterrichtsskizze

Klassenstufe: 9	Fach: Physik	Unterrichtsthema: Wärme und Temperatur	Zeit: 80 min
<p>Vorwissen: Die Schülerinnen und Schüler wissen bereits, dass:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ein Material seine Temperatur verändert (erhöht), wenn Wärme zugeführt wird, • die Temperatur des Materials mit unterschiedlichen Arten von Thermometern gemessen werden kann, • die Einheiten zur Messung von Wärme Joule und Kalorie sind ($4,2 \text{ J} = 1 \text{ cal}$), • die Masse einer Flüssigkeit und der Betrag an Wärme, der zugeführt wird, die Geschwindigkeit der Temperaturänderung beeinflussen (wurde möglicherweise erlernt durch vorhergehende Untersuchungen). 			
<p>Leitende Problem-/Fragestellung: Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, darüber nachzudenken, wie sich die Art der Zubereitung auf die Kochzeit auswirkt.</p>			
<p>Lernziele: Diese müssen operationalisierbar sein und mit Blick auf die Lernprodukte überprüft werden.</p>	<p>Lehr-Lern-Material: Dies kann eine Referenz auf reales, gedrucktes oder digitales Material sein.</p>	<p>Lernaktivität: Beschreibt, was die Schülerinnen und Schüler machen, einschließlich der Erklärungen und Unterstützung durch die Lehrkraft.</p>	<p>Diagnose (formative oder summative) und pädagogisches Handeln: Der Fokus der Diagnose mit Feedback liegt auf dem Lernprodukt.</p>
<p>Schülerinnen und Schüler führen eine Untersuchung durch (Umgang mit Labormaterial und Ausführung von Messvorgängen), um das Verhältnis zwischen der Temperaturänderung eines Materials und der Materialart zu prüfen.</p>	<p>Arbeitsblatt (Anhang 7.6.I)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler lesen die Aussagen einer Köchin und eines Kochs und formulieren ausgehend von deren unterschiedlichen Meinungen eine Forschungsfrage, die später untersucht wird.</p>	<p>On-the-fly-Fragen (Fragen der Lehrkraft, um die Lernenden zum Nachdenken zu animieren und deren Überlegungen aufzuzeigen). Die Lehrkraft stellt bei Bedarf den Schülerinnen und Schülern Fragen, die helfen, eine Forschungsfrage bezüglich der Art der Flüssigkeit aufzustellen.</p>
<p>Arbeitsblatt (Anhang 7.6.I)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler formulieren eine Hypothese in Form eines „Wenn-dann-Satzes“. Durch die formulierten Hypothesen wird sichtbar, ob die Schülerinnen und Schüler davon ausgehen, dass die Art der Flüssigkeit die Zeit der Temperaturänderung beeinflussen kann.</p>	<p>Hypothese</p>	

Übergang von *leicht geöffnet* zu *geöffnet*: Gruppe nutzt die vorformulierten Satzteile zur Formulierung einer Hypothese. Alle notwendigen Satzbestandteile zur Formulierung der Hypothese werden angeboten.

Übergang von *geöffnet* zu *offen*: Gruppe formuliert Hypothese mit wenigen vorgegebenen Worten.

Übergang von *leicht geöffnet* zu *geöffnet*: Die Schülerinnen und Schüler planen mit angebotenen Materialien ein Experiment, um Daten zu sammeln und ihre Hypothese zu untersuchen. Die Schülerinnen und Schüler werden durch Hilfekarten beim Planen eines Experimentes unterstützt. Sie nutzen die Hilfekarten entsprechend ihrer Bedarfe. Die Lehrkraft verfolgt die Anzahl der Karten, die die jeweilige Gruppe verwendet.

Labogeräte
Hilfekarten
(Anhang 7.6.II)

Geplantes Experiment

Die Lehrkraft kann die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zum Ausführen eines Experimentes einschätzen, indem die verwendeten Hilfekarten erfasst werden. Wenn Schülerinnen und Schüler alle Hilfekarten verwenden, sind die Kompetenzen noch nicht gut ausgebildet.

Die Schülerinnen und Schüler notieren die erfassten Daten während der Durchführung des Experiments in einer Tabelle.

Ausgefüllte Tabelle

Die Schülerinnen und Schüler fertigen mit den Daten ein Schaubild zum Anstieg der Temperaturen der Flüssigkeiten in Abhängigkeit der Zeit an.

Schaubild

Die Schülerinnen und Schüler ziehen Schlussfolgerungen aus der Interpretation des Schaubilds. Hierbei werden sie durch die Antworten auf vorgegebene Fragen unterstützt.

Antworten

Die Schülerinnen und Schüler, die Schwierigkeiten mit der Interpretation der Daten haben, werden instruiert, wie sie die Daten interpretieren können. Hängt beispielsweise die Änderung einer Messgröße mit der Steigung der Kurve dieser Messgröße zusammen, wenn sie über die Zeit dargestellt wird? Je größer die Steigung der Kurve, desto größer die Änderungsrate.

Die Schülerinnen und Schüler lesen einen Text zum Konzept der spezifischen Wärmekapazität und entscheiden sich dann für einen Kochtopf, in welchem das Kochen schneller geht.

Geschriebene Begründung

Die Schülerinnen und Schüler können das Konzept der spezifischen Wärmekapazität erklären.

Abschluss: Der Unterricht endet mit der Reflexion des IBL-Prozesses, dem die Schülerinnen und Schüler gefolgt sind.

Anhang 7.6.I – Argumente des Kochs und der Köchin



Glaubst du, dass sich die beiden Flüssigkeiten unterschiedlich schnell erhitzen lassen? Wenn du denkst, es gibt einen Unterschied: Welche Flüssigkeit erhitzt sich schneller?

Formuliere eine Forschungsfrage zu den Aussagen der Köchin und des Kochs, die später mit einem Experiment untersucht werden kann.

¹Formuliere eine zur Forschungsfrage passende Hypothese. Verwende die vorgegebenen Wörter und Bedingungen.

wenn / dann / verändert / bleibt gleich / unterscheidet sich / Art der Flüssigkeit / Temperaturveränderung

1 Übergang von *leicht geöffnet* zu *geöffnet*

²Formuliere eine zur Forschungsfrage passende Hypothese. Verwende die Wörter:
Art der Flüssigkeit / Temperaturveränderung.

Anhang 7.6.II – Hilfekarten zur Planung von validen Experimenten

Hilfe 1: Welche der folgenden Variablen muss man bedenken, wenn man ein Experiment zu unserer Fragestellung plant?

- Masse der Flüssigkeit
- Art der Flüssigkeit
- Wärme, die zugefügt wird
- Temperatur der Flüssigkeit

Hilfe 2: Welche der folgenden Variablen muss man in unserem Experiment konstant halten?

- Art und Masse der Flüssigkeit
- Temperatur und Masse der Flüssigkeit
- Masse der Flüssigkeit und Wärme, die zugeführt wird

Hilfe 3: Welche Variable sollte man in unserem Experiment verändern (Testvariable)?

- Masse der Flüssigkeit
- Art der Flüssigkeit
- Wärme, die zugefügt wird

Hilfe 4: Welche der Variablen sollte man in unserem Experiment beobachten/messen (Messvariable)?

- Masse der Flüssigkeit
- Temperatur der Flüssigkeit
- Art der Flüssigkeit
- Wärme, die zugefügt wird

Hilfe 5:

Um ein aussagekräftiges Experiment zu planen, muss die jeweilige **Masse beider Flüssigkeiten gleich** sein.

Die Variable, die verändert wird (**Testvariable**), ist die **Art der Flüssigkeit**. Daher muss man zwei gleiche Gefäße wählen. In ein Gefäß gibt man Wasser und in das andere die gleiche Masse Öl.

Die **Wärme, die zugeführt wird**, muss bei Wasser und Öl **gleich** sein.

Sobald die Wärme zugeführt wird, muss die **Temperatur beider Flüssigkeiten** immer wieder in Abständen **gemessen** und **notiert** werden.

Anhang 7.6.III – Fragen zur Dateninterpretation und Schlussfolgerung

1. Welche Flüssigkeit erhitze sich mit Blick auf dein gezeichnetes Schaubild schneller?
 - das Wasser
 - das Öl
 - beide Flüssigkeiten erhitzen sich gleich schnell

2. Konntest du deine Hypothese belegen oder widerlegen? Erkläre!

Belegt, weil _____

Widerlegt, weil _____

3. Welchen Rat/welche Antwort kannst du der Köchin und dem Koch bezüglich der Beilage geben?

Anhang 7.6.IV – Schlussfolgerung

Die Variable, die angibt, wie „leicht“ sich die Temperatur eines Materials verändern lässt, heißt spezifische Wärmekapazität (c). Jedes Material hat seine eigene spezifische Wärmekapazität. Je höher die spezifische Wärmekapazität eines Materials, desto geringer ist die Temperatur, die verändert werden kann, wenn Wärme zugeführt wird. Die Gleichung, die die Beziehung zwischen der Temperaturveränderung eines Materials und dessen spezifischer Wärmekapazität beschreibt, lautet:

$$Q = m \cdot c / \Delta T.$$

Q = Wärmeenergie

m = Masse

c = spezifische Wärmekapazität

ΔT = Temperaturänderung

In der Tabelle unten werden unterschiedliche Materialien mit ihren spezifischen Wärmekapazitäten dargestellt.

Spezifische Wärmekapazität		
Material	$\frac{J}{g \cdot K}$	$\frac{cal}{g \cdot K}$
Aluminium	0,897	0,215
Silber	0,233	0,056
Wolfram	0,134	0,032
Granit	0,790	0,190
Glas	0,837	0,200
Öl	1,970	0,473
Holz	1,800	0,410
Wasser	4,186	1
Eisen	0,449	0,107
Kupfer	0,385	0,092
Gold	0,129	0,030

Die Köchin und der Koch diskutieren ebenfalls über einen Kochtopf, der für eine schnelle Zubereitung des Essens geeignet wäre. Welchen der folgenden Kochtöpfe würdest du empfehlen?

- einen eisernen Kochtopf
- einen kupfernen Kochtopf
- einen Kochtopf aus Aluminium
- alle der oben aufgeführten, da es keinen Unterschied macht

Bitte erkläre deine Empfehlung: _____

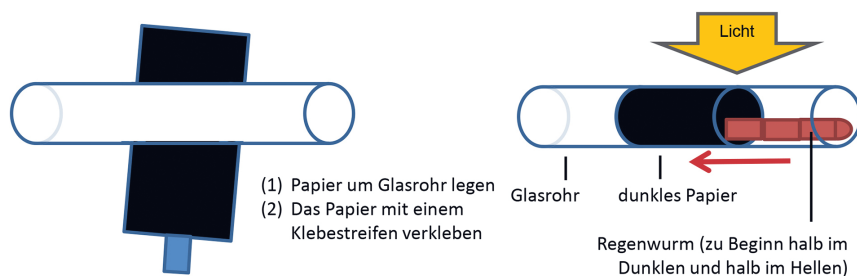
7.7 Lichtsinn bei Regenwürmern

Epistemischer Wissensbereich, Biologie,
geeignet für Klassenstufe 5–6
Armin Baur

Sachinformation

Irrtümlicherweise werden oft alle Regenwürmer als einer Art zugehörig angesehen. Weltweit gibt es aber ca. 670 verschiedene Arten von Regenwürmern, die die Familie der Regenwürmer (*Lumbricidae*) bilden. Allein in Deutschland gibt es 46 verschiedene Regenwurmarten. Regenwürmer gehören zum Stamm der Ringelwürmer (*Annelida*), dessen Vertreter durch einen segmentierten Körper mit Hautmuskelschlauch gekennzeichnet sind. Anders als manch andere Ringelwürmer haben Regenwürmer keine Augen. Dennoch können sie hell und dunkel unterscheiden. Regenwürmer haben einen Lichtsinn. Im Hautmuskelschlauch der einzelnen Segmente sind einfache Lichtsinneszellen untergebracht, die, wenn sie beleuchtet werden, Impulse ans Nervensystem aussenden. So können Regenwürmer wahrnehmen, welche Segmente im Hellen und welche im Dunklen sind, und entsprechend ihre Richtung, die sie einschlagen möchten, koordinieren. Diese Koordination ist für Regenwürmer wichtig, da starkes Sonnenlicht sie schädigt und das Verweilen in der Helligkeit sie für Beutegreifer leicht sichtbar macht. Regenwürmer bewegen sich daher vom Licht weg (negative Phototaxis).

Abb. 7.7.1: Mögliches Experiment zum Lichtsinn bei Regenwürmern



Bestimmung des Wissensbereichs

Der dargestellte Unterricht ist auf den epistemischen Wissensbereich ausgerichtet. Der Schwerpunkt des Unterrichts liegt auf der Ausbildung (Übung) von Kompetenzen zum Reflektieren des Aufbaus und der Durchführung des Experiments.

Entscheidungen im Differenzierungsprozess

1. Entscheidung der Sozialform und Gruppenbildung

Die Schülerinnen und Schüler werden in diesem Beispiel von der Lehrkraft in homogene Gruppen eingeteilt, sodass die Lernenden Aufgaben von angemessener Komplexität für alle Mitglieder der Gruppe erhalten. Die allgemeinen Lernziele sind dabei für alle Gruppen identisch. Es gibt jedoch Unterschiede in der Ausbildung (Weiterentwicklung) der Kompetenzen (siehe Tabelle *Unterrichtsskizze* unten).



2. Entscheidung der möglichen Offenheit der einzelnen Unterphasen

Die Abbildungen 7.7.2 und 7.7.3 zeigen die Grade der Offenheit beim IBL, die für die Gruppen als möglich erachtet wurden (beispielhaft werden wie bei allen Beispielen im Kapitel 7 zwei fiktive Gruppen dargestellt). Die unterschiedlichen Farben stellen – wie in den anderen Beispielen – die verschiedenen Gruppen dar.



Die Gruppen werden über ein gelenktes Unterrichtsgespräch zum Problem geführt (Unterphase *geöffnet*). Für die Unterphase *Fragestellung* wurde für beide Gruppen als Offenheitsgrad der Grad *leicht geöffnet* ausgewählt. Die Schülerinnen und Schüler wählen eine Fragestellung aus einem Pool aus (siehe *Unterrichtsskizze* unten). Die Unterphase *Hypothesengenerierung* wird für beide Gruppen *geöffnet* geplant. Im Unterrichtsgespräch werden gemeinsam Hypothesen formuliert. Die Unterphasen *Planung und Ausführung Untersuchung* wird für Gruppe 1 *leicht geöffnet* und für Gruppe 2 *geöffnet* angeboten. Gruppe 1 erhält alle notwendigen Materialien und muss damit selbst einen Experimentaufbau konzipieren. Gruppe 2 bekommt lediglich ein Glasrohr und muss sich alle weiteren Materialien überlegen. Die *Dateninterpretation* ist für alle Gruppen *offen* gestaltet. Die *Schlussfolgerung* ist für beide Gruppen *geöffnet*. Als Hilfe werden in einem Unterrichtsgespräch mit der gesamten Klasse verbale Denkanstöße angeboten (mögliche Denkanstöße: Ist die Hypothese belegt/widerlegt? Wodurch kann man dies erkennen? Ist die Forschungsfrage beantwortet?). Die Unterphase *Kommunikation* ist für alle *geöffnet*. Die Lehrkraft gibt im Gespräch bei Bedarf verbale Hilfen. Die *Reflexion* ist für Gruppe 1 *leicht geöffnet* und für Gruppe 2 *geöffnet*. Gruppe 1 erhält Reflexionsfragen und Gruppe 2 bei Bedarf Hilfen.

3. Entscheidung über die Unterphase(n), die zum nächsten Offenheitsgrad hin geöffnet werden soll(en)

Die Abbildung 7.7.4 zeigt die Unterphase, die im Beispiel für beide Gruppen in ihrer Offenheit erweitert wird.

Die Schülerinnen und Schüler in der *leicht geöffneten* Unterphase *Reflexion*



Abb. 7.7.2 und 7.7.3: Mögliche Offenheit für die beiden Gruppen

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
Orientierung		Lernenden wird ein Problem (Phänomen) vorgestellt	Lernende wählen eines von verschiedenen Problemen (Phänomenen)	Lernende identifizieren mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Problem (Phänomen)	Lernende bringen Probleme (Phänomene) in den Unterricht ein
	Konzeptualisierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Fragestellung	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen	Lernende erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung	Lernende stellen eigene Fragen
Untersuchung	Hypothesengenerierung	Lernende arbeiten mit vorgegebener Hypothese	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen	Lernende stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Hypothese auf	Lernende entwickeln eigene Hypothesen
	Planung und Ausführung Untersuchung	Lernende arbeiten mit einer vorgegebenen Anleitung	Lernende wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten	Lernende planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen	Lernende entwickeln eigenes Vorgehen
Schlussfolgerung	Dateninterpretation	Lernende werten die Daten nach Anleitung aus	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken-, Säulen-, Liniendiagramm)	Lernende werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus	Lernende wählen selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung
		Lernenden wird eine Schlussfolgerung gegeben	Lernende wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen	Lernende leiten mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung ab	Lernende stellen eigene Schlussfolgerungen auf
		Anleitung Lehrkraft		Selbstständigkeit Lernende	

● Gruppe 1
● Gruppe 2

		0 <i>geschlossen</i>	1 <i>leicht geöffnet</i>	2 <i>geöffnet</i>	3 <i>offen</i>
Diskussion	Kommunikation	---	Lernende kommunizieren anhand fest vorgegebener Aspekte	Lernende kommunizieren und Lehrkraft moderiert die Kommunikation (gibt Hilfe, falls nötig)	Lernende kommunizieren ohne Hilfe
	Reflexion	Lehrkraft reflektiert	Lernende reflektieren anhand vorgegebener Reflexionsfragen	Lernende reflektieren und Lehrkraft moderiert die Reflexion (gibt Hilfe, falls nötig)	Lernende reflektieren ohne Hilfe
		Anleitung Lehrkraft		Selbstständigkeit Lernende	

● Gruppe 1
● Gruppe 2

(Gruppe 1) werden dabei unterstützt, den nächsten Grad der Offenheit (*geöffnet*) zu erreichen, und die Schülerinnen und Schüler im *geöffneten* Grad (Gruppe 2) werden unterstützt, zum *offenen* Grad zu kommen. Das Vorgehen wird in der folgenden Tabelle (Unterrichtsskizze) erklärt. Nicht alle Reflexionen zum Experimentierprozess können aus Zeitgründen in der Gruppenarbeit erfolgen. Die Reflexion der Fragestellung wird im Unterrichtsgespräch vorgenommen und ist daher für alle Gruppen je nach notwendiger Hilfe durch die Lehrkraft *leicht geöffnet* bzw. *geöffnet*. Die Reflexion des geplanten Experimentes und der Durchführung wird in den Gruppen (in unterschiedlichen Offenheitsgraden) umgesetzt.

Abb. 7.7.4: Überführung zum nächsten Offenheitsgrad

		0 geschlossen	1 leicht geöffnet	2 geöffnet	3 offen
Diskussion	Kommunikation	---	Lernende kommunizieren anhand fest vorgegebener Aspekte	Lernende kommunizieren und Lehrkraft moderiert die Kommunikation (gibt Hilfe, falls nötig)	Lernende kommunizieren ohne Hilfe
	Reflexion	Lehrkraft reflektiert	Lernende reflektieren anhand vorgegebener Reflexionsfragen	Lernende reflektieren und Lehrkraft moderiert die Reflexion (gibt Hilfe, falls nötig)	Lernende reflektieren ohne Hilfe
		Anleitung Lehrkraft			Selbstständigkeit Lernende

● Gruppe 1

● Gruppe 2

4. Entscheidung über Methoden zum Scaffolding

Für die Unterphase *Reflexion* wurde als Methode zum Scaffolding für Gruppe 1 eine Kombination aus Denkanstößen (Fragen) und Hilfekarten (siehe Anhang 7.7.III) und für die Gruppe 2 aus Hilfekarten mit Denkanstößen (siehe Anhang 7.7.II) ausgewählt.



Unterrichtsskizze

Klassenstufe: 5 – 6	Fach: Biologie	Unterrichtsthema: Lichtsinn bei Regenwürmern	Zeit: 60 Minuten
---------------------	----------------	--	------------------

Vorwissen:

Die Schülerinnen und Schüler wissen bereits:

- was eine naturwissenschaftliche Fragestellung und eine Hypothese ist.
- dass sie beim Experimentieren einen Test- und einen Kontrollansatz benötigen.
- dass ein Protokoll und damit auch ein Experiment aus verschiedenen „Abschnitten“ (Fragestellung, Hypothese ...) besteht und was in diesen Abschnitten von ihnen erwartet wird.

Leitende Problem-/Fragestellung: Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, herauszufinden, ob ein Regenwurm Hell und Dunkel erkennen kann.

Lernziele: Diese müssen operationalisierbar sein und mit Blick auf die Lernprodukte überprüft werden.

Lehr-Lern-Material: Dies kann eine Referenz auf reales, gedrucktes oder digitales Material sein.

Lernaktivität: Beschreibt, was die Schülerinnen und Schüler machen, einschließlich der Erklärungen und Unterstützung durch die Lehrkraft.

Lernprodukt: Dieses muss inhaltliche oder prozedurale Kompetenzen widerspiegeln, die in den Lernzielen formuliert sind und lernenden-zentrierte Lernaktivitäten ermöglichen.

Diagnose (formative oder summative) und pädagogisches Handeln: Der Fokus der Diagnose mit Feedback liegt auf dem Lernprodukt.

Schülerinnen und Schüler

planen eine Untersuchung und führen diese durch und reflektieren ihr Vorgehen.

Bild (Anhang 7.7.I)

Lehrkraft projiziert zwei Bilder (Anhang 7.7.I) und lässt die Lernenden im Unterrichtsgespräch die Unterschiede beschreiben (Denkanstöße werden verbal gegeben).

Pool an Fragen an Tafel notiert

Die Schülerinnen und Schüler wählen in ihren Gruppen eine Fragestellung, die für ein Experiment geeignet ist, aus einem Pool an Fragestellungen aus.

Mögliche Fragestellungen zur Auswahl: 1. Haben Regenwürmer ein schließbares Maul?; 2. Können Regenwürmer hell und dunkel erkennen?; 3. Warum leben Regenwürmer im Boden? (nur Frage 2 ist geeignet)

Im Unterrichtsgespräch werden die ausgewählten Fragestellungen der Gruppen auf Eignung geprüft sowie die Notwendigkeit und Bedeutung einer Forschungsfrage besprochen.

Forschungsfrage

Eindrücke aus dem Unterrichtsgespräch, bei Bedarf werden verbale Hilfen in Form von Denkanstößen gegeben.

<p>Hilfekarten (Anhang 7.7.II) Denkanstöße + Hilfekarten (Anhang 7.7.III) Glasrohre, schwarzes Papier, Klebeband, Regenwürmer</p>	<p>Im Unterrichtsgespräch werden gemeinsam Hypothesen formuliert.</p> <p>In Gruppenarbeit planen die Lernenden Experimente, führen diese durch und reflektieren den Aufbau und die Durchführung ihres Experimentes. Die Gruppe 1 (<i>leicht geöffnet</i>) erhält alle notwendigen Materialien (Glasrohr, Papierstreifen schwarzes Papier, Klebeband, Regenwürmer). Gruppe 2 (<i>geöffnet</i>) erhält lediglich ein Glasrohr und muss alles weitere Material überlegen. Die Lehrkraft gibt den Gruppen nach den ersten Versuchen den Tipp, dass es hilfreich ist, den Regenwurm zur Hälfte ins Dunkle und zur Hälfte ins Helle zu legen.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler halten ihre Beobachtungen in einem Protokoll fest.</p> <p>Nach der Durchführung müssen die Gruppen ihre Experimente reflektieren.</p> <p>Übergang Reflexion von <i>geöffnet</i> zu <i>offen</i>: Die Gruppe 2 kann Hilfekarten, auf denen Denkanstöße stehen, nutzen (siehe Anhang 7.7.II).</p> <p>Übergang Reflexion von <i>leicht geöffnet</i> zu <i>geöffnet</i>: Die Gruppe 1 bekommt Denkanstöße und Hilfekarten (siehe Anhang 7.7.III).</p>	<p>Hypothese</p> <p>Gepantes Experiment</p> <p>Datendarstellung</p> <p>Schlussfolgerung</p>	<p>Eindrücke aus dem Unterrichtsgespräch, bei Bedarf Denkanstöße.</p> <p>Beobachtungen im Unterricht, bei Bedarf Denkanstöße Planungsskizzen können zur Diagnose verwendet werden.</p> <p>Eindrücke aus dem Unterrichtsgespräch, bei Bedarf Denkanstöße.</p>
---	---	---	--

Anhang 7.7.I – Bild für Einstieg



Anhang 7.7.II – Hilfekarten für Gruppe 2

Aufgabe: Ihr müsst darüber nachdenken, ob:

- (1) euer Experiment richtig aufgebaut war.
- (2) euer Experiment richtig durchgeführt wurde.

Wenn ihr Hilfe benötigt, könnt ihr die Hilfekarten nutzen.

Hilfe 1: Wurde ein Vergleich (Test und Kontrolle) berücksichtigt?

Hilfe 2: Warum ist es sinnvoll, den Regenwurm zur Hälfte ins Helle und zur Hälfte ins Dunkle zu legen?

Hilfe 3: Kann man mit einem Regenwurm und einem einmaligen Durchführen des Experimentes eine sichere Aussage treffen?

Anhang 7.7.III – Denkanstöße + Hilfekarten für Gruppe 1

Aufgabe: Ihr müsst nun darüber nachdenken, ob ihr bei der Durchführung eures Experimentes an alles gedacht habt.

Nutzt hierfür die Denkanstöße 1–3 und bei Bedarf die zugehörigen Hilfekarten.

Denkanstöße	Hilfekarten
<p>1. Wurde ein Vergleich (Test und Kontrolle) berücksichtigt?</p>	<p>Hilfe: Ein Vergleich kann dadurch stattfinden, dass man zu Beginn (Kontrolle) und nach einigen Minuten (Test) beobachtet, was passiert ist, oder indem man einen Test- und einen Kontrollansatz aufbaut. Hattet ihr einen Vergleich (Test und Kontrolle)?</p>
<p>2. Warum ist es sinnvoll, den Regenwurm zur Hälfte ins Helle und zur Hälfte ins Dunkle zu legen?</p>	<p>Hilfe: Macht euch Gedanken über zwei Dinge:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Was könnte passieren, wenn der Regenwurm zu weit vom Dunklen entfernt ist und das Dunkle nicht erkennt? b) Was könnte passieren, wenn der Regenwurm schon zu weit im Dunklen liegt?
<p>3. Kann man mit einem Regenwurm und einem einmaligen Durchführen des Experimentes eine sichere Aussage treffen?</p>	<p>Hilfe 1: Macht euch Gedanken über zwei Dinge:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Sollte man das Experiment nach und nach mit mehreren Regenwürmern durchführen? Begründet! b) Sollte man das Experiment mit jedem Regenwurm mehrmals durchführen? Begründet!
	<p>Hilfe 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Reagiert jeder Regenwurm gleich? b) Reagiert ein Regenwurm zu jedem Zeitpunkt gleich?

8 Sicherheitsbestimmungen beim experimentellen Arbeiten

Susanne Rohrmann, Lisa Virtbauer

Beim Experimentieren im Unterricht müssen sehr oft Sicherheitsvorgaben beachtet und Vorkehrungsmaßnahmen umgesetzt werden, nicht nur beim Umgang mit Gefahrstoffen, sondern auch bei Experimenten mit elektrischem Strom oder lebenden Organismen. In den experimentell ausgerichteten Fächern müssen deshalb Verhaltensregeln im Laborbetrieb eingeführt und dann auch beachtet werden.

Bevor eine Lehrkraft mit Schülerinnen und Schülern Experimente durchführt, muss sie eine Gefährdungsbeurteilung durchführen. Dafür sammelt man Informationen über mögliche Gefahren, Vorsichtsmaßnahmen und Schutzmaßnahmen für das vorgesehene Experiment.

Wo findet man nun diese Informationen?

Alle Sicherheitsbestimmungen werden ständig aktualisiert, sodass der jeweils aktuelle Stand der Vorkehrungs- und Schutzmaßnahmen recherchiert werden muss. In Tabelle 8.1 geben wir Hinweise auf Quellen, die für Schulen und Unterricht in den am Projekt teilnehmenden Ländern im Jahr 2021 relevant waren. Bitte überprüfen Sie jeweils den aktuellen Stand der Informationen, Sie sind dazu verpflichtet! In einigen Ländern gibt es Informationsmaterial speziell für Lehrkräfte, Schulen und Unterricht; hier sind die komplexen Regelwerke zum Thema Sicherheit für schulische Zwecke angepasst worden. Ein Beispiel aus Deutschland ist die RiSU (Richtlinie für Sicherheit im Unterricht), die von der Kultusministerkonferenz in Deutschland herausgegeben und regelmäßig aktualisiert wird. Sie ist für alle Schulen in Deutschland gültig. Mithilfe solcher pragmatischer und aktueller Informationen zum Thema Sicherheit sollte keine Lehrkraft wegen Unsicherheit von Experimenten im Unterricht absehen!

Zu Beginn eines jeden Schuljahres und gegebenenfalls vor dem Experimentieren muss die verantwortliche Lehrkraft mit der Klasse die Sicherheitsvorschriften besprechen, die befolgt werden müssen. Ein bestimmtes Experiment darf nicht durchgeführt werden, falls die Ausstattung des Klassenzimmers oder erforderliche Sicherheitseinrichtungen nicht vorhanden oder geeignet sind.

Die notwendigen Sicherheitschecks beziehen sich auf 3 Ebenen:

- a) Allgemeine Sicherheitsmaßnahmen und -einrichtungen der Schule
- b) Ausstattung des Fachraums oder Klassenzimmers einschließlich der Sicherheitsunterweisung der Schülerinnen und Schüler

- c) Spezielle Anforderungen, die sich aus dem geplanten Experiment ergeben, z. B. bestimmte Gefahrstoffe, Hitze und Feuer, elektrischer Strom, biologische Gefährdungen, mögliche Gefahren durch lebende Tiere

Diese 3 Ebenen/Aspekte werden im Folgenden etwas ausführlicher dargestellt. Ein Beispiel für eine kurze Zusammenfassung wichtiger Laborregeln findet sich am Ende des Kapitels.

Tabelle 8.1: Grundlegende Informationen zu Sicherheitsbestimmungen in Schule und Unterricht (Stand: August 2021)

Land	Informationen
Österreich	Sammlung von unterrichtsrelevanten Informationen auf der Website der Allgemeinen Unfallversicherung: https://www.auva.at/cdscontent/?portal=auvapor-tal&contentid=10007.671658 https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulrecht/rs/1997-2017/2016_22.html
Deutschland	RiSU 2019: Zusammenfassung von Regelungen bezüglich der Sicherheit im Unterricht; betrifft alle relevanten Fächer, wird regelmäßig aktualisiert https://www.kmk.org/service/servicebereich-schule/sicherheit-im-unterricht.html
Finnland	Leitfaden für Sicherheit im naturwissenschaftlichen Unterricht herausgegeben von: Finnish National Agency for Education https://www.oph.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/luonnon-tieteiden-opetustilat-tyoturvallisuus-ja-valineet oder Direktlink: https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/137890_luonnon-tieteiden_opetustilat_tyoturvallisuus_ja_valineet_2.up_0.pdf
Zypern	Die Sicherheitshinweise für die Verwendung in Schullaboren werden auf der Website von Chemistry education zur Verfügung gestellt (http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/ergastirio/asfaleia-ergastirio). Zu den Dateien auf dieser Website gehören allgemeine Sicherheitsanweisungen für die Verwendung in Laboren für die naturwissenschaftliche Ausbildung, die die Fächer Physik, Chemie und Biologie betreffen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Sicherheits- und Gesundheitsleitfaden für Chemielaboratorien: (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/tee_chemistry_labguide_2019.pdf) • Sicherheitsmaßnahmen und -regeln: (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/metra_kanones.pdf) • Sicherheitsregeln: (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/kanones.pdf) • Sicherheitshinweise: (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/odigies_asfaleias.pdf) • Handbuch der Chemikalien: (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/encheiridio_chi-mikon_ousion.pdf) • Liste der inkompatiblen Chemikalien: (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/katalogos_asymvaton_ousion.pdf)

Haftungsausschluss: Die Beachtung der dargestellten Sicherheitsmaßnahmen und Sicherheitseinrichtungen stellen Empfehlungen dar. Die Leserin und der Leser ist verpflichtet, sich zusätzlich selbst über vorgegebene und geltende Sicherheitsbestimmungen der eigenen Schule und des eigenen Landes zu informieren.

a) Allgemeine Sicherheitsmaßnahmen und Sicherheitseinrichtungen der Schule

- *Fluchtwege und Feuerlöscher*: Die Schülerinnen und Schüler müssen die Fluchtwege kennen. Alle Fluchtwege müssen während des Experimentierens freigehalten werden (keine Schultaschen etc., die den Weg versperren). Die Positionen der Feuerlöscher sind bekannt und diese sind gut erreichbar/zugänglich.
- *Notfall-Ausrüstung*: Dazu gehören Not-Ausschalter für Strom und Gas, Augenduschen und Notduschen; ihre Funktion muss regelmäßig überprüft werden.
- *Erste-Hilfe-Ausrüstung*: Ein Erste-Hilfe-Kasten gehört zur Grundausrüstung jedes Fachraums und Klassenzimmers, in dem Experimente durchgeführt werden. Überprüfen Sie den Erste-Hilfe-Kasten regelmäßig und ergänzen Sie fehlendes bzw. verbrauchtes Material!

b) Ausstattung des Fachraums bzw. Klassenzimmers

- *Arbeitsoberflächen*: Die Oberfläche der Tische muss je nach den Erfordernissen der Experimente chemikalienbeständig und hitzebeständig sein oder auch wasserfest. Notfalls können hitzefeste Unterlagen wie Metallplatten oder Kacheln benutzt werden.
- *Persönliche Schutzausrüstung (PSA)*: Die Schülerinnen und Schüler müssen geeignete Kleidung tragen, gegebenenfalls auch persönliche Schutzausrüstung wie Schutzbrillen, Augenschutz, Einweg-Schutzhandschuhe, Laborkittel (falls erforderlich).
- *Lagerung*: Einige Materialien und Gefahrstoffe müssen gekühlt gelagert werden (z. B. tote Tiere oder Organe, die präpariert werden sollen). Solche Materialien müssen deutlich beschriftet sein und sie dürfen nicht mit Lebensmitteln zusammen im Kühlschrank gelagert werden.
- Manche Experimente dürfen nur unter einem Abzug (Digestorium) durchgeführt werden.

c) Spezielle Anforderungen, die sich aus dem geplanten Experiment ergeben

Gefährdungsbeurteilung

Jede Lehrperson muss vor der Durchführung von möglicherweise gefährdenden Versuchen und Experimenten eine Gefährdungsbeurteilung durchführen. Dabei werden in Abhängigkeit vom konkreten Versuch oder Experiment folgende Aspekte geprüft: Darf das Experiment in der entsprechenden Klassenstufe durchgeführt werden? Darf nur die Lehrperson das Experiment mit einem bestimmten Gefahrstoff oder einem Gerät (z. B. UV-Lampe) durchführen? Welche Gefahren ergeben sich durch Gefahrstoffe, Organismen, Geräte etc.? Bei Gefahrstoffen ist eine Ersatzstoffprüfung vorgeschrieben. Gegebenenfalls sind Expositionsgrenzen

werte zu beachten. Außerdem muss dargelegt werden, welche Schutzmaßnahmen ergriffen werden müssen, welche Maßnahmen im Notfall durchzuführen sind und wie gegebenenfalls eine sachgerechte Entsorgung sicherzustellen ist. Vorlagen/Formulare für Gefährdungsbeurteilungen findet man bei zahlreichen Anbietern im Internet bzw. auf den Homepages der für die Schulen zuständigen Ministerien.

Chemikalien und Gefahrstoffe



- Lehrkräfte sind verpflichtet, sich über Verwendungsgebote und -verbote von Chemikalien zu informieren sowie Substitutionsprüfungen vorzunehmen oder auch intermediär sich bildende Substanzen mit in die Betrachtung aufzunehmen.
- *Chemikalien:* Seit 2015 sind alle Chemikalien mit neuen, weltweit gültigen Symbolen, den GHS-Piktogrammen, versehen. GHS bedeutet „Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals“. Die verantwortlichen Lehrkräfte sollten überprüfen, ob alle Chemikalien inzwischen die aktuell gültige Kennzeichnung tragen. Die Schülerinnen und Schüler sollten die Bedeutung der GHS-Piktogramme kennen, bevor mit Gefahrstoffen experimentiert wird. Anhand der H- und P-Sätze (H = hazards, Gefahren; P = precautions, Vorkehrungen, die zu treffen sind) können die Gefährdungen eingeschätzt werden, die von dem Stoff ausgehen, und die notwendigen Vorkehrungen zum Schutz vor Verletzungen und Schäden getroffen werden. Die aktuelle Übersicht über die Kennzeichnung nach GHS finden Sie in Tabelle 8.2 (März 2022).
- *Lagerung von Gefahrstoffen:* Die Lehrkräfte sorgen für die geeignete Lagerung der Gefahrstoffe; es dürfen dafür keine Gefäße benutzt werden, die man auch für die Lagerung von Lebensmitteln verwendet! Die korrekte aktuelle Kennzeichnung der Stoffe sowie die jeweils notwendigen Lagerbedingungen sind zu berücksichtigen (Kühlschrank, gegebenenfalls Sicherheitsschränke und Be- und Entlüftung oder Säure-/Laugenschränke).

Feuer und Hitze

- Mit offenem Feuer gehen die Schülerinnen und Schüler im Unterricht um, wenn Kerzen, Bunsen- oder Teclu-Brenner oder auch Gaskartuschenbrenner benutzt werden. Wenn mit offenem Feuer gearbeitet wird, sollten keine leicht entzündlichen Stoffe im selben Raum benutzt werden. Achten Sie auch auf Gefahren durch offene lange Haare oder voluminöse Kleidung wie Schals.
- Wenn Flüssigkeiten erhitzt werden müssen, empfiehlt es sich, Heizplatten oder eine Mikrowelle zu benutzen. Achten Sie dabei auf heiße Oberflächen sowie heiße Gefäße und vermeiden Sie Siedeverzug, z. B. durch Rühren.

Tabelle 8.2: Globally Harmonized System der Klassifikation und Kennzeichnung von Chemikalien – Fortsetzung nächste Seite

Symbol	Bedeutung
	<p>Explosiv GHS 01 Die Stoffe können, auch ohne Beteiligung von Luftsauerstoff, mit Wärmeentwicklung und unter schneller Entwicklung von Gasen reagieren. Sie explodieren leicht oder verpuffen schnell. Achtung Explosionsgefahr!</p> <p>Beispiele: Feuerwerkskörper, Munition, Sprengstoff ...</p>
	<p>Entzündbar GHS 02 Produkte mit diesem Piktogramm entzünden sich leicht. Besondere Vorsicht mit dem Produkt bei Hitze, Feuer oder in der Nähe von offenen Flammen. Bei falscher Lagerung kann es sich auch selbst entzünden.</p> <p>Beispiele: ätherische Öle, Benzine, Grillanzünder, viele Lacke und Lasuren, Lösungsmittel, Nagellackentferner, Spiritus, Spraydosen ...</p>
	<p>Brandfördernd GHS 03 Die Chemikalien können in Berührung mit anderen, insbesondere entzündlichen Stoffen mit starker Wärmeentwicklung reagieren. Kann Brände oder Explosionen verursachen oder verstärken. Kann bei falscher Lagerung zu Explosionen führen.</p> <p>Beispiele: Bleichmittel, Härter für Kunststoffe, Sauerstoff, Schwimmbadchemikalien, Wasserstoffperoxid ...</p>
	<p>Gase unter Druck GHS 04 Die Gasflasche weist auf unter Druck stehende Gase hin. Diese können bei falscher Lagerung und starker Erwärmung explodieren. Es können auch tiefgekühlt verflüssigte Gase gelagert sein, die Kälteverbrennungen oder -verletzungen verursachen können.</p> <p>Beispiele: Gasflaschen (Acetylen, Argon, Butangas, Helium, Kohlensäure, Propangas, Sauerstoff, Stickstoff ...)</p>
	<p>Ätzend/korrosiv GHS 05 Gefahr der schweren Ätzung der Haut oder es können schwere Augenschäden auftreten. Das Piktogramm weist auch darauf hin, dass die Chemikalien auf Metallen korrosiv sind.</p> <p>Beispiele: Abflussreiniger, Entkalker für Kaffeemaschinen, Fugenmörtel, Maschinengeschirrspülmittel, Schwimmbadchemikalien, konzentrierte Reinigungsmittel (WC-Reiniger usw.), Säuren und Laugen (Salzsäure, Natronlauge ...) ...</p>
	<p>Giftig GHS 06 Bestimmte Chemikalien können schon in kleinsten Mengen zu lebensgefährdenden Vergiftungen führen, wenn sie auf die Haut gelangen, verschluckt oder eingeatmet werden.</p> <p>Beispiele: Arsen, Blausäure, Blei, Chlorgas, Methanol, methanolhaltiger Modellbaukraftstoff, Quecksilber, Zyankali ...</p>
	<p>Gesundheitsgefahr GHS 07 Das Rufzeichen warnt vor diversen Gesundheitsgefahren. Es können die Haut oder Augen gereizt oder Allergien ausgelöst werden. Die Stoffe können gesundheitsschädlich bei Verschlucken, Hautkontakt oder Einatmen sein.</p> <p>Beispiele: ätherische Öle, epoxidhaltige Spachtelmasse, Fugenmörtel, Geschirrspülmittel, einige Pestizide, KFZ-Kühlfüssigkeiten, Pinselreiniger, Reinigungsmittel, Schwimmbadchemikalien, Terpentinersatz, Universalverdünner, Waschmittel ...</p>

Symbol	Bedeutung
	<p>Ernste Gesundheitsgefahr GHS 08 Dieses Piktogramm weist auf Gefahren von möglichen schweren Gesundheitsschäden hin. Das Produkt birgt schwere Gesundheitsrisiken wie z. B. krebserregendes Potenzial oder schwere Folgen bei Schwangerschaft. Produkte mit diesem Piktogramm mit besonderer Vorsicht benutzen!</p> <p>Beispiele: ätherische Öle, Kraftstoff (Normalbenzin, Superbenzin), Diesel, einige Pestizide, Heizöl, Lampenöl, Kühlschmierstoffe, Pinselreiniger, PU-Schäume, Schwimmbadchemikalien, Terpentinersatz, Versiegelung für Steinböden ...</p>
	<p>Umweltgefährlich GHS 09 (Sehr) giftig für Wasserorganismen, eventuell mit langfristiger Wirkung. Produkte mit diesem Piktogramm immer richtig entsorgen und nie in den Hausmüll geben oder ins Abwasser schütten.</p> <p>Beispiele: ätherische Öle, Benzin (Kraftstoff, Feuerzeug-, Fleck-, Waschbenzin), Biozide, Diesel, Heizöl, Lösungsmittel, Pinselreiniger, Säuren und Laugen (konzentriert), Schwimmbadchemikalien, Terpentinersatz, Versiegelung für Steinböden ...</p>

(<https://hlfs.schule.at/portale/agrarschulen/detail/die-gefahrenpiktogramme.html>

https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/chemiepolitik/umweltschadstoffe/gefahrenpiktogramme.html)

Zusätzlich werden oft folgende Signalwörter verwendet:

Achtung: Achtung weist auf eine eher weniger schwerwiegende Gefahrenkategorie hin.

Gefahr: Gefahr gibt den Hinweis auf eine schwerwiegende Gefahrenkategorie.

Kein Signalwort: Geringe Gefahr

Arbeitsgeräte

- Der korrekte Umgang mit möglicherweise gefährlichen Laborgeräten muss mit den Schülerinnen und Schülern besprochen und geübt werden, um Unfälle und Verletzungen zu vermeiden. Solche Laborgeräte sind Glaswaren sowie scharfe und spitze Werkzeuge wie Skalpelle, Nadeln, Scheren und Messer.
- Auch wenn man Gerätschaften aus dem Alltag benutzt, muss auf den korrekten Umgang damit unbedingt geachtet werden!

Biostoffe und lebende Organismen

- Wenn man in der Schule mit Lebewesen arbeitet, sind grundlegende Sicherheitsvorgaben zu beachten, die auch im Alltag wichtig sind. Sie beziehen sich vor allem auf sicheren Umgang mit den Lebewesen und auf Grundsätze der Hygiene, um Infektionen und Kontaminationen zu vermeiden. Dies gilt nicht nur für Bakterien, Schimmelpilze und Parasiten, sondern für jegliches Lebewesen, das potenziell Träger von Pathogenen ist.
- Besondere Erfordernisse gibt es für die Arbeit mit Mikroorganismen: Die Tisch-Oberflächen müssen lösungsmittelfest sein (Verwendung von Ethanol für die Reinigung und Desinfektion der Oberflächen), außerdem muss der Fachraum ein Waschbecken mit Seifenspender, Papierhandtüchern und Desinfektionsmittel aufweisen. Eine Möglichkeit zur Sterilisation von kontaminierten Geräten und bewachsenen Agarplatten muss vorhanden sein (z. B. Dampfdruckkochtopf oder Autoklav).

- Grundsätzlich gelten die Hygienevorschriften und Erfordernisse auch für Experimente mit lebenden Tieren, Präparation/Sektion von Tieren (z. B. Forelle oder andere Fische) sowie für die Arbeit mit Organen (Schlachtorgane wie Herzen, Lungen, Leber oder Augen vom Schwein).
- Bei der Arbeit mit lebenden Tieren im Unterricht achten Sie noch auf folgende Gesichtspunkte: Informieren Sie sich über die aktuellen gesetzlichen Vorgaben (Tierschutz, Naturschutz), berücksichtigen Sie ethische und emotionale Aspekte (Ekel, Ängste/Phobien) und gestalten Sie die Tierhaltung in der Schule so artgerecht wie möglich.
- Informieren Sie sich genau darüber, welche Tiere im Unterricht in Ihrem Land erlaubt sind! Alle Tiere, die man in der Schule einsetzt, müssen gesund und ungefährlich sein. Giftige oder gefährliche Tiere sowie Tiere, die Allergien auslösen können, sind im Klassenzimmer nicht erlaubt!
- Achten Sie auf Umsetzung von Hygienemaßnahmen beim Umgang mit lebenden Tieren, um Zoonosen (Pathogene, die vom Tier auf den Menschen übertragen werden können) zu vermeiden. Unerlässlich ist gründliches Händewaschen nach dem Umgang mit den Tieren; angemessene und hygienische Haltungsbedingungen und bei längerer Haltung sorgen regelmäßige tierärztliche Kontrollen für gesunde Tiere.
- Entnehmen Sie keine Tiere, Pflanzen oder anderes Material aus Schutzgebieten!
- Experimente mit Tieren, die zu Verletzungen der Tiere oder zu unnötigem Stress für diese führen, sind streng verboten. Dabei sind die Vorschriften für Wirbeltiere (Hunde, Mäuse etc.) strenger als für Wirbellose (Schnecken, Regenwürmer etc.). Es ist selbstverständlich, dass die Lehrkraft darauf achtet, dass während des Experimentierens kein Tier zu Schaden kommt!
- Wenn Tiere über einen längeren Zeitraum im Klassenzimmer gehalten werden sollen, bedenken Sie die folgenden organisatorischen Aspekte: Die Tiere müssen artgerecht gehalten werden, sie müssen entsprechend der gesetzlichen Vorgaben für die jeweilige Tiergruppe versorgt werden. Je nach Tierart benötigt man technische Ausrüstung wie Licht und Heizmöglichkeit; diese erfordert regelmäßige Wartung. Und schließlich muss geklärt sein, wo die Tiere nach ihrer Zeit im Klassenzimmer verbleiben!

Elektrischer Strom und Elektrogeräte

Elektrische Geräte werden nicht nur bei Experimenten in der Physik und Chemie benutzt, auch in vielen biologischen Experimenten arbeitet man mit Elektrogeräten wie Heizplatten, Mikroskopen, Beleuchtung, Kühl- und Gefriergeräten etc.). Die Handhabung dieser Geräte unterscheidet sich nicht vom Umgang damit im Alltag. Experimente mit elektrischem Strom dürfen nur gemäß den aktuell gültigen Vorgaben für Schule und Unterricht durchgeführt werden.

Regeln für den Umgang mit elektrischer Energie in Schule und Alltag (RiSU 2019)

- Überprüfen Sie alle Leitungen, Steckvorrichtungen und Geräte vor der Benutzung auf Defekte!
- Bei Fehlern und Störungen sofort Spannung abschalten und Stecker ziehen.
- Funktionsfehler und Schäden an die jeweils zuständige Stelle melden, beschädigte oder defekte Geräte nicht mehr verwenden. Nur einfache Maßnahmen (z. B. Lampenwechsel) selbst durchführen.
- Reparaturen an Elektrogeräten, Leitungen, Steckdosen und Schaltern darf nur eine Elektrofachkraft durchführen!
- Verlegung von Kabeln: Ohne Knickstellen, auf Stolpergefahr achten.
- Elektrische Geräte vor Feuchtigkeit und Nässe schützen, keine nassen Geräte benutzen.
- Sicherheitseinrichtungen dürfen nicht manipuliert oder abgeschaltet werden.
- Experimente, bei denen die Stromversorgung aus der Steckdose kommt, dürfen nur durchgeführt werden, wenn die entsprechenden Schutzeinrichtungen vorhanden und funktionstüchtig sind (Not-Aus-Schalter, Fehlerstrom-Schutzeinrichtung).
- Möglichst nur Geräte mit der für das jeweilige Land gültigen Kennzeichnung und dem Nachweis der erforderlichen Geräteprüfung verwenden (in Deutschland: GS- oder VDE-Kennzeichen, Prüfung nach DGUV Vorschrift 4).
- Elektrische Anlagen und Geräte nur gemäß ihrem Bestimmungszweck einsetzen; Bedienungsanleitung beachten.

Elektrische Anlagen und Geräte in der Schule müssen regelmäßig von einer Elektrofachkraft geprüft werden. Die Prüfungsintervalle hängen davon ab, ob die Geräte tragbar oder im Raum fest an das Stromnetz angeschlossen sind. Informieren Sie sich jeweils über die aktuell gültigen Sicherheitsvorschriften für Schulen Ihres Landes!

- Schülerinnen und Schüler dürfen grundsätzlich nicht mit berührungsgefährlicher Spannung experimentieren. Deshalb müssen die folgenden Sicherheitsvorgaben beachtet werden: Für Schülerversuche dürfen nur Geräte mit Schutzkleinspannung oder Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung nach EN 61558-2-6 verwendet werden (z. B. Sicherheitstransformatoren, Akkumulatoren). Bei Sicherheitstransformatoren (Kennzeichnung siehe Abbildung 8.1), die als Stromquellen verwendet werden dürfen, sind Primär- und Sekundärwicklung vollständig getrennt.



Ab. 8.1 Sicherheitstransformator, kurzschlussfest,
Symbol nach IEC5222

Einige Hinweise aus der Schulpraxis:

- Bei Verwendung von Bananensteckern die Schülerinnen und Schüler darauf hinweisen, dass diese Stecker niemals in Netzsteckdosen gesteckt werden dürfen.
- Schaltungen nach Anlegen der Betriebsspannung nicht mehr berühren; nach Abschluss des Experiments die Spannung abschalten und Kabelverbindungen an der Spannungsquelle lösen.
- Vorsicht bei Kondensatoren mit über 60 V Spannung; Berührungsschutz vorsehen und den Kondensator vor Abbau des Experiments entladen.
- Akkumulatoren und Batterien: Niemals Primärbatterien laden, Explosionsgefahr! Akkumulatoren nur mit passenden Ladegeräten laden, Herstellerangaben beachten.
- Elektromagnetische Felder und Strahlung: Geräte, die in der Schule üblich sind, erreichen bei sachgemäßem Gebrauch in der Regel die geltenden Expositionsgrenzwerte nicht. Auf jeden Fall Herstellerhinweise für die Geräte beachten, vor allem, wenn im Bereich der Mikrowellen-Strahlung hantiert werden soll.
- Achtung: Personen mit Implantaten wie Cochlea-Implantat oder Herzschrittmacher sind vor elektromagnetischen Feldern zu schützen (Abstand oder Verlassen des Raumes).

Mechanik und mechanische Stabilität

Für alle Versuchsaufbauten gilt, dass auf mechanische Stabilität zu achten ist. Das gilt besonders, wenn Stative verwendet werden.

Große Massen, die bewegt werden, können zu Gefährdungen führen. Achten Sie darauf, wenn Sie mit gespannten Federn und Drähten, hohen Drucken, dem Flaschenzug oder Rotationsexperimenten experimentieren.

Wärmelehre

Bei Druckgefäßen, in denen Wasser erhitzt wird, müssen vor dem Experiment die Sicherheitsventile überprüft werden; die zulässige Höchstgrenze des Drucks muss eingehalten werden.

Optik und optische Strahlung

Viele der in der Schule verwendeten Strahlungsquellen kommen auch im Alltag und Haushalt vor, so dass wie bei der elektrischen Energie die sichere Handhabung dieser Strahlungsquellen ein wichtiges Ziel des Unterrichts ist.

Häufig genutzte Strahlungsquellen sind haushaltsübliche Leuchtmittel, Laser, Laserpointer, UV- und IR-Lampen, LED-Lampen, offene Flammen, (gebündeltes) Sonnenlicht sowie Spektrallampen und Blitzlichtgeräte.

Bei der Nutzung von Strahlungsquellen sind Expositionsgrenzwerte zu beachten; sie sind abhängig von der Zeit, dem Abstand und der Art der Strahlung.

Dabei ist in der Schule der Effektivwert von 30 J/qm für Augen und Haut wichtig, Langzeitgrenzwerte dürften nicht vorkommen.

Ohne besondere Schutzmaßnahmen können bei korrektem Gebrauch folgende Strahlungsquellen benutzt werden: Leuchtmittel aus dem Haushalt, Geldscheinprüfgeräte, Schwarzlichtlampen (Bühnenbeleuchtung), kleine Anzeigen-LEDs, offene Flammen, Natrium-Spektrallampen und Blitzlichtgeräte.

Schutzmaßnahmen müssen bei den folgenden Strahlungsquellen berücksichtigt werden, diese dürfen auch meist nicht ohne Aufsicht der Lehrperson und ohne Unterweisung von Schülerinnen und Schülern verwendet werden:

- Laserpointer: Blendung verhindern, Versuchsaufbau so gestalten, dass man nicht direkt in den Strahlengang blicken kann.
- UV-Hand- und Tischlampen: Zusätzlich darauf achten, dass die Hände nicht in den Strahlengang gehalten werden (unter 3 min).
- Spektrallampen im UV-Bereich: Unbedingt Bedienungsanweisung beachten (zusätzlich Schutz gegen seitliches Streulicht, Arbeitsbereich mit Hinweisschild kennzeichnen).
- Hochleistungs-LED-Lampen: Es besteht die Gefahr der Blendung bei LEDs ab Risikogruppe 2 mit Leuchtdichten ab 1000 cd/qm ; deshalb diese LEDs niemals auf die Augen richten.
- Gebündeltes Sonnenlicht: Hier besteht Brand- und Verbrennungsgefahr, auch darf nicht in den Strahlengang oder direkt in die Sonne geblickt werden.
- IR-Lampen: Abstand von mindestens 50 cm einhalten, brennbare Gegenstände müssen mindestens 1 m Abstand haben. Nicht ohne Aufsicht betreiben.

Einige praktische Hinweise aus dem Schulalltag:

- Nach dem Experimentieren sollte die Lerngruppe gemeinsam die benutzten Materialien sowie den Fachraum/das Klassenzimmer wieder aufräumen. Die Schülerinnen und Schüler lernen so, dass dies auch Teil des Laboralltags ist. Arbeitsflächen und Geräte werden gereinigt, Materialien entsorgt oder aufgeräumt.
- Zählen Sie die Gerätschaften, die Sie an die Schülerinnen und Schüler verteilen, nach der Abgabe. Kontrollieren Sie vor allem die vollständige Rückgabe aller möglicherweise gefährlichen Gerätschaften wie Scheren und Messer!

Richtiges Verhalten im Labor: Regeln für die Schule

- Nicht essen!
- Nicht trinken!
- Halte deinen Arbeitsplatz sauber und beachte die Hygieneregeln: Reinige Oberflächen oder Hände bzw. desinfiziere sie, wenn nötig!
- Nicht im Raum herumlaufen, um Kollisionen zu vermeiden und nichts zu verschütten!
- Arbeitsfläche und die Gänge zwischen den Tischen/im Raum freihalten! Es sollen keine unnötigen Gegenstände auf dem Tisch liegen, auch keine Taschen oder Mäntel in den Gängen!
- Trage Schutzbrille und gegebenenfalls weitere persönliche Schutzausrüstung wie Handschuhe oder Laborkittel.
- Beim Arbeiten mit offenen Flammen (Kerzen, Brenner) lange Haare zusammenbinden, Schals und Mäntel ablegen!
- Hände gründlich waschen nach der Arbeit mit Chemikalien, lebenden Tieren, Tier-Präparaten, Organen oder Mikroorganismen!
- Melde deiner Lehrkraft alle Beschädigungen und Verletzungen!

9 Glossar

Abhängige Variable Wird auch als Messvariable bezeichnet, das bedeutet, dass die Auswirkungen einer oder mehrerer Variablen auf diese Variable gemessen werden (Messergebnis). Die unabhängige Variable [uV] ist die Ursache für Veränderungen der abhängigen Variablen [aV] (Kausalität). Beispiel einer aV: Die entstehende Menge Sauerstoff bei Experimenten zur Fotosynthese. Synonym: Messvariable. [→ Kapitel 4]

Arbeitsproben Produkte, die durch praktische Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler entstehen. Beispiele: Experimentieraufbau, Experimentierprotokoll, Beobachtungsprotokoll, gebaute Modelle. [→ Kapitel 5]

Assessment Englischer Begriff, der ins Deutsche mit Beurteilung, sachlich korrekter mit Diagnose, übersetzt werden kann. [→ Kapitel 5]

Äußere Differenzierung Anhaltende/unbefristete Teilung einer Lerngruppe. Z. B. Zuteilung von Schülerinnen und Schülern zu unterschiedlichen Schultypen (Hauptschule, Realschule, Gymnasium). Gegenteil: innere Differenzierung. [→ Kapitel 2]

Binnendifferenzierung Siehe ‚innere Differenzierung‘.

Dateninterpretation Unterphase im IBL-Kreislauf. Die Dateninterpretation setzt sich zusammen aus der Datenerfassung (Beobachtung) und der Angabe von Trends, die durch die Daten belegt sind. [→ Kapitel 3]

Diagnose Maßnahme zur Feststellung der Voraussetzungen und Bedingungen planmäßiger Lehr- und Lernprozesse, zur Analyse von Lernprozessen und von Lernergebnissen. Dies erfolgt, damit individuelles Lernen optimiert werden kann. (Vgl. Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik*. 6. Auflage. Weinheim: Beltz.) [→ Kapitel 5]

Diagnostik Gesamtheit aller Maßnahmen, um die Voraussetzungen und Bedingungen planmäßiger Lehr- und Lernprozesse bei Lernenden zu ermitteln, Lernprozesse zu analysieren und Lernergebnisse festzustellen, damit individuelles Lernen optimiert werden kann. (Vgl. Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik*. 6. Auflage. Weinheim: Beltz.) [→ Kapitel 5]

Differenzierung Bei der Differenzierung wird den Lernenden eine passgenaue Lernumgebung angeboten. Differenzierung ist eine Auswahl des Niveaus oder des Umfangs, sodass ein Lernender etwas lernen kann und nicht über- bzw. unterfordert wird. Differenzierung und Individualisierung unterscheiden sich darin, dass bei der Individualisierung jedem Lernenden individuelle Lernangebote gemacht werden, wohingegen bei der Differenzierung meist Angebote für unterschiedliche Gruppen in der Klasse angeboten werden. Methoden zur Differenzierung siehe Seite 25. [→ Kapitel 2 und 6]

Diskussion Phase im IBL-Kreislauf. Besteht aus den zwei Unterphasen Reflexion und Kommunikation. [→ Kapitel 3]

Divergente Differenzierung Für die einzelnen Schülerinnen und Schüler werden unterschiedliche Lernziele festgelegt und entsprechend Differenzierung angeboten. Gegenteil: konvergente Differenzierung. [→ Kapitel 2]

Epistemischer Wissensbereich Der epistemische Wissensbereich beinhaltet Wissen über die Nature of Science. [→ Kapitel 3 und 6]

Erkenntnisgewinn Siehe ‚Erkenntnisgewinnung‘.

Erkenntnisgewinnung Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung ist das Vorgehen in Schule und Unterricht, bei dem mithilfe von Untersuchungsmethoden (z. B. Experiment, Beobachtung) für die Lernenden neue Erkenntnisse gewonnen werden. [→ Kapitel 4]

Erkenntnisgewinnungsmethoden Methoden zur Erkenntnisgewinnung. [→ Kapitel 4]

Erkenntnismethoden Methoden zur Erkenntnisgewinnung. [→ Kapitel 4]

Experiment Eine Untersuchung eines Naturphänomens, bei der alle Faktoren (Variablen) bis auf einen (oder wenige) konstant gehalten werden. Ein Experiment besteht aus einem Kontrollansatz und einem oder mehreren Testansätzen oder aus einer Messreihe. [→ Kapitel 4]

Experimentieren Prozess der Planung und Durchführung eines Experiments sowie die anschließende Analyse der gewonnenen Daten. Ist auch eine Unterphase des IBL-Kreislaufs. [→ Kapitel 3 und 4]

Explorieren Unterphase im IBL-Kreislauf, in der Zusammenhänge von Variablen ohne Hypothese untersucht (exploriert) werden. [→ Kapitel 3]

Fading Prozess, bei dem der Scaffold nach und nach abgebaut wird. Verfügen die Schülerinnen und Schüler über die Kompetenzen, die sie erwerben sollen, muss das Gerüst (Scaffold) Schritt für Schritt abgebaut werden. [→ Kapitel 2]

Faktor Siehe ‚Variable‘.

Formative Diagnose Wird auch Lernfortschrittskontrolle genannt. Es erfolgt eine, die Lernphase begleitende, Erfassung/Beurteilung, hierbei werden fortlaufend Informationen über den Lernfortschritt, über die Stärken und Schwächen der Schülerin/des Schülers gesammelt. Synonym: Formatives Assessment. [→ Kapitel 5]

Formatives Assessment Siehe ‚formative Diagnose‘.

Formelle Diagnose Zielgerichtete, theoriegeleitete Diagnose mit Verwendung von (wissenschaftlich) geprüften Methoden. Es handelt sich um objektive Urteile. [→ Kapitel 5]

Forschendes Lernen Inquiry-based Learning wird oft mit dem Terminus Forschendes Lernen übersetzt. [→ Kapitel 3]

Forschungsfrage Eine naturwissenschaftliche Frage oder anders bezeichnet eine Forschungsfrage ist eine Frage, die sich mit Erscheinungen und Vorgängen in der Natur befasst und auf naturwissenschaftlichem Weg mit Einsatz von Methoden der Erkenntnisgewinnung (Untersuchung, Experiment, Beobachtung) beantwortet werden kann. [→ Kapitel 4]

Fortlaufende Diagnose Diagnose, die während einer definierten Lernphase immer wieder stattfindet. [→ Kapitel 5 und 6]

Fragestellung Unterphase im IBL-Kreislauf. In dieser Unterphase müssen eine Fragestellung oder mehrere Fragestellungen bezüglich des Phänomens (des Problems) formuliert werden. [→ Kapitel 3]

Gerichtete Hypothese Quantitative Hypothese, die die quantitative Beziehung der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable eindeutig beinhaltet. Bsp.: Je höher die Umgebungstemperatur, desto stärker die Gasentwicklung im Mineralwasser. Gegenteil: ungerichtete Hypothese. [→ Kapitel 4]

Hard-Scaffold Siehe ‚harter Scaffold‘.

Harter Scaffold Scaffold, der statisch ist und von der Lehrkraft vor der Stunde vorbereitet wurde. Synonym: Hard-Scaffold. Gegenteil: weicher Scaffold. [→ Kapitel 2]

Heterogene Lerngruppen Heterogene Lerngruppen haben unterschiedliche Kompetenzen in einem ausgewählten Bereich. Gegenteil: homogene Lerngruppen. [→ Kapitel 2 und 6]

Heterogenität Bezeichnet die Vielfalt von Schülerinnen und Schülern mit einem oder mehreren Merkmalen. Synonym: Diversität. Gegenteil: Homogenität. [→ Kapitel 2]

Heterogenitätsdimension Merkmale, in denen sich Heterogenität zeigt. Beispiele: Leistung (Unterschiede in der Arbeitsgeschwindigkeit; in den Kompetenzen), Alter, Entwicklungsstand, Gesundheit, Geschlecht, soziokulturelle Herkunft (soziale Erwartungen), Sprache, migrationsbedingte Heterogenität (kulturelle Erfahrungen). [→ Kapitel 2]

Homogene Lerngruppen Homogene Lerngruppen haben nahezu gleiche Kompetenzen in einem ausgewählten Bereich. Gegenteil: heterogene Lerngruppen. [→ Kapitel 2 und 6]

Hypothese Mögliche Antwort auf eine Forschungsfrage. Meist werden Hypothesen in kausalen Beziehungen und Bedingungen formuliert: wenn ... dann..., ... führt zu ..., ... beeinflusst ... [→ Kapitel 4]

Hypothesengenerierung Unterphase im IBL-Kreislauf. In dieser Unterphase müssen eine Hypothese oder mehrere Hypothesen formuliert werden. Synonym: Hypothesenbildung. [→ Kapitel 3]

IBL Abkürzung für Inquiry-based Learning. [→ Kapitel 3]

IBL-Kreislauf Siehe ‚Inquiry-based-Learning-Kreislauf‘.

Informelle Diagnose Intuitive, häufig wenig bewusste oder unbewusste Einschätzungen während des unterrichtlichen Alltags. Es handelt sich um subjektive Urteile. [→ Kapitel 5]

Innere Differenzierung Differenzierung innerhalb einer Lerngruppe (z. B. einer Klasse), hierbei wird die Lerngruppen in kleinere Gruppen aufgeteilt, die mit unterschiedlichen Aufgaben, Inhalten versorgt oder durch verschiedene Hilfen unterstützt werden. Auch zeitlich begrenzte Auflösungen der Lerngruppe sind

denkbar (Kurssysteme). Binnendifferenzierung und innere Differenzierung sind Synonyme. Gegenteil: äußere Differenzierung. [→ Kapitel 2]

Inquiry-based Learning Abkürzung: IBL ist ein Lehr-Lern-Ansatz, der in Einklang mit zeitgemäßen Konzepten des naturwissenschaftlichen Unterrichtens steht und in den Bildungsstandards vieler Länder verankert ist. IBL ist durch die folgenden Elemente gekennzeichnet: (1) Die Untersuchung beginnt mit einem Problem/einer Frage; (2) die Schülerinnen und Schüler planen die Untersuchung; (3) die Schülerinnen und Schüler führen Untersuchungen durch, um Daten zu erhalten; (4) die Schülerinnen und Schüler finden durch die Untersuchung für sich neues, bedeutungsvolles Wissen; (5) die Schülerinnen und Schüler kommunizieren und begründen ihre Erkenntnisse (Ergebnisse der Untersuchung). [→ Kapitel 3]

Inquiry-based-Learning-Kreislauf Kreislauf, der die Abfolge der Phasen beim Untersuchungsprozess beschreibt. Synonym: IBL-Kreislauf. [→ Kapitel 3]

Kausalfrage Eine Kausalfrage fragt nach den möglichen Wirkungen, die eine Variable auf eine andere Variable haben kann. [→ Kapitel 4]

Kompetenzdiagnose Diagnose in Bezug auf Kompetenzen. [→ Kapitel 5]

Kontrollansatz Derjenige Ansatz, in dem die natürliche Situation nachgebildet wird, in der das Phänomen auftritt, das untersucht werden soll. Er dient dazu zu zeigen, ob das Phänomen bzw. die natürliche Situation unter Versuchsbedingungen reproduziert werden kann. (Dies ist eine Arbeitsdefinition. In der Literatur wird z. T. der Testansatz als Kontrollansatz definiert.) [→ Kapitel 4]

Konvergente Differenzierung Für alle Schülerinnen und Schüler werden gleiche Lernziele festgelegt und entsprechend Differenzierung angeboten. Gegenteil: divergente Differenzierung. [→ Kapitel 2]

Konzeptualisierung Phase im IBL-Kreislauf. Bestehend aus den zwei Unterphasen: Fragestellung, Hypothesengenerierung. [→ Kapitel 3]

Konzeptueller Wissensbereich Beinhaltet das Inhaltswissen über naturwissenschaftliche Systeme und Phänomene. Synonym: Deklarativer Wissensbereich. [→ Kapitel 3 und 6]

Leistungsdifferenzierung Differenzierung bezogen auf die Leistungsfähigkeit (Kompetenzausprägungen) von Lernenden. [→ Kapitel 2]

Messreihe Aufbau bzw. die Durchführung eines quantitativen Experiments (Forschungsfrage oder/und Hypothese sind quantitativ). Hier gibt es keinen klar definierten Kontrollansatz, sondern mehrere Testansätze. Die unabhängige Variable wird in diesem Fall schrittweise variiert und die abhängige Variable jeweils gemessen. [→ Kapitel 4]

Messvariable Siehe ‚abhängige Variable‘.

Natur der Naturwissenschaften Siehe ‚Nature of Science‘.

Nature of Science Abkürzung: NOS; bezieht sich auf Methoden der Wissenschaft, die Epistemologie der Wissenschaft und die Beziehung zwischen Gesellschaft, Kultur und Wissenschaft. *Übersetzung: Natur der Naturwissenschaften.* [→ Kapitel 3, 4 und 6]

NOS Siehe ‚Nature of Science‘.

Offenes Experimentieren Experimentieren, bei dem nicht alle Handlungen von der Lehrkraft, durch Materialien oder durch andere Quellen vorgegeben sind. Beim offenen Experimentieren gibt es unterschiedliche Ausprägungen der Offenheit. Der größte Offenheitsgrad besteht, wenn alle Unterphasen des Experiments von den Lernenden selbst verantwortet werden. [→ Kapitel 3]

Operationalisierbar Etwas ist messbar gemacht worden. Wenn zum Beispiel das Interesse der Lernenden am Unterrichtsthema gemessen werden soll, kann man dies mit einer Ankreuzskala (gefällt mir sehr, gefällt mir etwas, geht so, gefällt mir nicht so, gefällt mir gar nicht) messbar machen. [→ Kapitel 6]

Orientierung Phase wie auch Unterphase im IBL-Kreislauf. Lernende werden an ein Problem herangeführt. [→ Kapitel 3]

Peer-Assessment Diagnose durch Mitschülerinnen und Mitschüler. [→ Kapitel 5]

Phänomen Ein naturwissenschaftliches Phänomen ist eine wahrnehmbare Naturerscheinung, ein Vorgang in der Natur oder ein natürlicher Gegenstand. Beispiele für Phänomene: eine Sternschnuppe, der Herzschlag, das Entstehen eines Magnetfelds in einer stromdurchflossenen Spule. [→ Kapitel 3, 4 und 6]

Prä-Diagnose Diagnose, die vor einer definierten Lernphase stattgefunden hat und deren Informationen zur Planung/Vorbereitung der Lernphase genutzt werden. [→ Kapitel 5 und 6]

Prozedurale Kompetenzen Sind meist themenübergreifende, das Fach betreffende oder fächerübergreifende allgemeine Kompetenzen zum Planen und Ausführen von Handlungen, zum Problemlösen, zum Bewerten, zum Argumentieren oder zum Kommunizieren. Prozedurale Kompetenzen sind Fertigkeiten und Fähigkeiten. Synonym: Prozessbezogene Kompetenzen. Gegenteil: inhaltliche Kompetenzen; inhaltliche Kompetenzen verweisen auf das Wissen (Kenntnisse) von Inhalten oder auf das Wissen über Verfahren und Prozeduren. [→ Kapitel 1]

Prozeduraler Wissensbereich Setzt sich aus Kompetenzen zu den Teilphasen (Unterphasen) des Untersuchens zusammen (Prozess- und Methodenwissen). [→ Kapitel 3 und 6]

Qualitative Hypothese Hypothese, die lediglich eine mögliche Beziehung aufzeigt, ohne auf eindeutig formulierte Einflüsse von Variablenausprägungen (bzw. Stoffmengen, Lichtstärke) einzugehen. Bsp.: Licht ist ein notwendiger Faktor für die Fotosynthese. Gegenteil: quantitative Hypothese. [→ Kapitel 4]

Qualitatives Experiment Beim qualitativen Experiment wird die Veränderung nicht über Zahlenwerte gemessen. Es wird durch kriteriale Beobachtung erhoben, ob eine Veränderung auftritt oder nicht. Gegenteil: quantitatives Experiment. [→ Kapitel 4]

Quantitative Hypothese Hypothese, die eindeutig auf die Wirkung von Variablenausprägungen (bzw. Stoffmengen, Lichtstärke) eingeht. Bsp.: Je mehr Wicklungen auf der Spule, desto stärker ist das magnetische Feld. Gegenteil: qualitative Hypothese. [→ Kapitel 4]

Quantitatives Experiment Beim quantitativen Experiment wird die Veränderung über Zahlenwerte gemessen. Gegenteil: qualitatives Experiment. [→ Kapitel 4]

Scaffold Methode zum Scaffolding. [→ Kapitel 2 und 6]

Scaffolding Prozess, bei dem Lernende mit dem Einsatz von Hilfen, Denkanstößen, Anregungen und Ähnlichem an einer Aufgabe arbeiten, die sie ohne diese nicht alleine lösen könnten. Entsprechend den Fähigkeiten der Schülerin/des Schülers wird Schritt für Schritt Unterstützung angeboten, bis sie/er die zu bearbeitende Aufgabe selbstständig ohne weitere Hilfe bewältigen kann. Scaffolding ist eine Hilfe, damit Lernende den nächsten schwereren Schritt schaffen können. Methoden zum Scaffolding siehe Seite 116–120. [→ Kapitel 2 und 6]

Schlussfolgerung Phase wie auch Unterphase im IBL-Kreislauf. In der Schlussfolgerung erfolgt der Vergleich der Ergebnisse mit der Fragestellung und der Hypothese. [→ Kapitel 3]

Self-Assessment Selbstbewertung, Selbstdiagnose. [→ Kapitel 5]

Soft-Scaffold Siehe ‚weicher Scaffold‘.

Sozialer Wissensbereich Beinhaltet auf der einen Seite Kompetenzen zum kritischen Denken und zum Reflektieren (der eigenen und von fremden Arbeiten) sowie auf der anderen Seite Kompetenzen zum Austausch von Ergebnissen und zum Arbeiten in einer Gruppe. [→ Kapitel 3 und 6]

Spontan-Differenzierung Form der Differenzierung, die nicht vorgeplant stattfindet. Beispielsweise könnte eine Lehrkraft während des Unterrichts feststellen, dass einige Schülerinnen und Schüler Probleme haben, bestimmte Inhalte zu verstehen. Dann muss die Lehrkraft spontan auf die Situation reagieren und entsprechende Differenzierungsmethoden anbieten. [→ Kapitel 2]

Spontan-Diagnose Während des Unterrichts erfolgt Diagnose zum Teil spontan (on-the-fly), wenn Lehrkräfte beispielsweise Fragen stellen, um ein klareres Bild über die Ideen/Konzepte der Schülerinnen und Schüler zu erhalten, oder wenn Lehrkräfte ihre Schülerinnen und Schüler beobachten, während diese arbeiten. [→ Kapitel 5]

Summative Diagnose Fasst den Lernerfolg am Ende einer Lernphase in einer Bewertung (Note, Bericht) zusammen. Synonym: Summatives Assessment. [→ Kapitel 5]

Summatives Assessment Siehe ‚summative Diagnose‘.

Testansatz Im Testansatz und nur hier wird die unabhängige Variable variiert. (Dies ist eine Arbeitsdefinition. In der Literatur wird z. T. der Testansatz als Kontrollansatz definiert.) [→ Kapitel 4]

Testvariable Siehe ‚unabhängige Variable‘.

Unabhängige Variable Variable/Faktor, der in Einklang mit der jeweiligen Hypothese systematisch variiert wird. Abkürzung: uV. Synonym: Testvariable. [→ Kapitel 4]

Ungerichtete Hypothese Ist eine quantitative Hypothese, die die quantitative Beziehung der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable nicht eindeutig aufzeigt. Bsp.: Die Umgebungstemperatur beeinflusst die Stärke der Gasentwicklung. Gegenteil: gerichtete Hypothese. [→ Kapitel 4]

Unterphase Teilprozess beim naturwissenschaftlichen Untersuchen. Unterphasen sind: Orientierung, Fragestellung, Hypothesengenerierung, Experimentieren, Explorieren, Dateninterpretation, Schlussfolgerung, Kommunikation, Reflexion. Synonym: Teilprozess, Teilphase. [→ Kapitel 3]

Untersuchung Bezeichnet in der Naturwissenschaftsdidaktik einen Eingriff in ein System oder ein Objekt. Ist auch eine Phase im IBL-Kreislauf, die aus den Unterphasen Explorieren, Experimentieren und Dateninterpretation besteht. [→ Kapitel 3 und 4]

Valide Gültig, gesichert. Der Begriff wird u. a. beim Experimentieren verwendet. Hier drückt er aus, dass die Ergebnisse (valide Ergebnisse) mit einem geeigneten Untersuchungssetting und durch die Messung der richtigen – zur Fragestellung passenden – Größen erfasst wurden. [→ Kapitel 6]

Variable Merkmal bei einem Experiment (z. B. Temperatur, Lichtverhältnisse, Inhaltsstoff), das verändert (unabhängige Variable), das gemessen (abhängige Variable) oder das konstant gehalten wird. Bei einem Experiment gibt es immer eine Vielzahl von Variablen. Synonym: Faktor. [→ Kapitel 4]

Variablenkontrollstrategie Strategie, bei der nur die ausgewählte unabhängige Variable variiert (verändert) wird und alle anderen Variablen konstant gehalten werden. [→ Kapitel 4]

Weicher Scaffold Scaffold, der dynamisch und prozessorientiert von der Lehrkraft oder Mitschülerinnen und Mitschülern „on-the-fly“ angeboten wird, also nicht im Vorfeld geplant wurde. Synonym: Soft-Scaffold. Gegenteil: harter Scaffold. [→ Kapitel 2]

Wissensbereiche Naturwissenschaftliches Wissen kann in vier Wissensbereiche unterteilt werden: konzeptueller, epistemischer, sozialer, prozeduraler Wissensbereich. [→ Kapitel 3 und 6]

10 Danksagung

Die Autorinnen und Autoren bedanken sich ganz herzlich bei Petra Zwerenz und Katharina Kersting für Korrekturarbeiten, bei Christa Sallam, Arne Bewersdorff und Hartmut Rohrmann für hilfreiche fachliche Anregungen sowie bei Christa Sallam für die Bereitstellung von Bildern von historischen Steinlöchern.

Unser Dank gilt außerdem den Gutachterinnen und Gutachtern des Buches – Caroline Neudecker, Claudia Kriechbaum, Martina Schuknecht, Prof. Dr. Manuela Welzel-Breuer, Prof. Dr. Marcus Hammann und Prof. Dr. Markus Emden – für gründliche Durchsicht des Manuskriptes und konstruktive Rückmeldungen.

Der Europäischen Union und dem Pädagogischen Austauschdienst der Kultusministerkonferenz danken wir für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Erasmus+-Projektprogramms.

Ein besonders herzlicher Dank gilt Kathrin Eßwein, die uns als Ansprechpartnerin des Pädagogischen Austauschdienstes immer wieder unermüdlich und sehr konstruktiv mit Rat und Tat zur Seite stand. Ebenfalls bedanken wir uns bei Janine Jahnke von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, die uns in Fragen zur Drittmittelverwaltung unterstützte.