

Qualitätsvoller Physikunterricht in der Sek. I

Impressum

PLUS LUCIS, Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und des Fachausschusses Physik & Schule der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (VZR: 668472729) Erscheint vierteljährlich

Medieninhaber:

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts
 Adr.: AECC Physik Universität Wien, Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien
 Web: <https://www.pluslucis.org>
 E-Mail: schriftenleitung@pluslucis.org

Redaktion:

Mag. Dr. Thomas Plotz (Leitung)
 Mag. Brigitte Knaus
 Mag. Sarah Zloklikovits

Verantwortliche Herausgeber:innen dieser Ausgabe:

Univ.-Prof. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer, Universität Graz, Fachdidaktikzentrum Physik
 E-Mail: claudia.haagen@uni-graz.at
 Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf, Universität Wien, Physikdidaktik
 E-Mail: martin.hopf@univie.ac.at

Herausgeber:innenteam:

Univ.-Prof. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer
 Universität Graz, Physikdidaktik
 E-Mail: claudia.haagen@uni-graz.at
 Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
 Universität Wien, Physikdidaktik
 E-Mail: martin.hopf@univie.ac.at
 Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens
 Universität Wien, Chemiedidaktik
 E-Mail: anja.lembens@univie.ac.at
 Univ.-Prof. Dr. Thomas Wilhelm
 Universität Frankfurt, Physikdidaktik
 E-Mail: wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

Bezugshinweise:

Das Abonnement der Zeitschrift ist für Vereinsmitglieder im Mitgliedsbeitrag inkludiert.
 Ein institutionelles Abonnement (z. B. für Bibliotheken) ist zum Bezugspreis von 40 Euro im Jahr möglich.

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes Grundlegende Richtung: Fortbildung und fachliche Information für Physik- und ChemielehrerInnen, organisatorische Mitteilungen, Vereinsinterna.

Für die Inhalte der Artikel sind ausschließlich die namentlich genannten Autor:innen verantwortlich.

Titelbild (Umschlag):

Markus Obczovsky, Sender- Empfänger-Modell, (CC BY-SA 4.0)

Inhalt

Guter Physikunterricht in der Sekundarstufe I.....	4
<i>Claudia Haagen-Schützenhöfer und Martin Hopf</i>	
Interessensförderung im Physikunterricht.....	8
<i>Sarah Zöchling, Martin Hopf, Julia Woihe und Sascha Schmeling</i>	
Kontextorientierung im Physikunterricht am Beispiel von EKO.....	13
<i>Liza Dopatka</i>	
Alltagsvorstellungen und Unterrichtskonzeptionen.....	18
<i>Martin Hopf</i>	
Zwischen Emotionen, Fachwissen und Politik.....	22
<i>Matthias Fasching, Thomas Schubatzky und Sarah Wildbichler</i>	
Anfangsunterricht zum Sehen und Hören.....	27
<i>Claudia Haagen-Schützenhöfer</i>	
Physikalische Low-/No-Cost-Experimente für den Anfangsunterricht.....	32
<i>Susanne Neumann</i>	
Weniger Mathematik im Physikunterricht?.....	37
<i>Martin Hopf</i>	
Konzeptorientierter Physikunterricht.....	40
<i>Paul G. Hewitt</i>	
8. April 2024: Nordamerika erlebt eine totale Sonnenfinsternis.....	42
<i>Eren Simsek</i>	

Editorial

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wenn Sie nun denken, qualitativvoller Physikunterricht ist ein alter Hut und ein Grundanliegen: Da haben Sie recht. Bestimmt stimmen Sie auch dem zu: Qualitativvoller Physikunterricht ist ein zentrales Thema, das uns alle tagtäglich beschäftigt. Als Fachlehrperson, die möglichst vielen Schüler:innen Physik als Wissenschaft, aber auch als zentralen Grundbildungsbereich für reflektierte und mündige Teilhabe an der Gesellschaft schmackhaft und verständlich machen möchte. Als Lehrpersonen, die Physik fachfremd unterrichten müssen und auch bestrebt sind, das so qualitativvoll wie möglich zu machen. Als Physikdidaktiker:in, die durch empirisch fachdidaktische Forschung Mechanismen, die dem Lernen, Verstehen und Mögen von Physik zugrunde liegen, auf den Grund geht. Und darauf basierend dann Materialien sowie Aus- und Fortbildungsformate für qualitativvollen Physikunterricht entwickelt.

Unstrittig ist auch, dass viele Qualitätskriterien, die wir aus der allgemeinen Unterrichtsforschung kennen, auch für den Physikunterricht gelten. Aber natürlich gibt es darüber hinaus noch bestimmte spezifische Aspekte für den Physikunterricht. Wir haben uns vorgenommen, Aspekte qualitativvollen Physikunterrichts unter Perspektive des neuen Lehrplans für die Sekundarstufe I zu betrachten und damit auch neue Impulse zu setzen.

Der Beitrag von Haagen-Schützenhöfer und Hopf verknüpft die Idee von qualitativvollem Physikunterricht, naturwissenschaftlicher Grundbildung und Kompetenzorientierung vor dem Hintergrund des neuen Lehrplans.

Der Beitrag von Zöchling berichtet neue Erkenntnisse zu Interessentypen bezogen auf Physik und welcher Interessensgruppe wie im Unterricht entgegengekommen werden kann. Dopakta präsentiert neue Erkenntnisse über interessante Kontexte für den Elektrizitätslehreunterricht. Sie diskutiert auch unterschiedliche Herangehensweisen an Kontextorientierung mit einem eher fachsystematischen oder einem kontextstrukturierten Ansatz sowie Vor- und Nachteile. Der Beitrag von Hopf im Anschluss berichtet über die Alltagsvorstellungen von Lernenden und erläutert, welche Unterrichtsstrategien dabei helfen können, Schüler:innen physikalische Inhalte zu vermitteln.

Schließlich erfordern für den Physikbereich neue Themenbereiche oder eine Fokussierung auf breitere Kompetenzbereiche auch entsprechende fachdidaktische Überlegungen und Tools zur qualitativvollen Umsetzung. Fasching, Schubatzky



**Claudia
Haagen-Schützenhöfer**



Martin Hopf

und Wildbichler beleuchten die Rolle von Emotionen und Faktenwissen beim Diskutieren über Klimawandel und stellen Modelle und methodische Umsetzungsmöglichkeiten für das Diskutieren im Unterricht vor. Der Beitrag von Haagen-Schützenhöfer bespricht anhand der Optik, warum Phänomene und fachliche Grundkonzepte statt Formeln und Merksatzwissen ein guter Weg für den Anfangsunterricht sein können und welchen Mehrwert Unterrichtskonzeptionen mit einer auf die Perspektive der Lernenden abgestimmten Sachstruktur leisten können. Das Titelbild dieses Hefts stammt von Markus Obczovsky und illustriert das Sender-Empfänger-Modell aus einer solchen Unterrichtskonzeption.

Immer gestellt wird bei Überlegungen zur Qualität die Frage nach der Ausstattung für das Experimentieren. Die Angst, qualitativvollen Unterricht nur mit teuren Geräten garantieren zu können, bewegt Lehrkräfte. Aber wie Neumann zeigt, ist diese Angst unbegründet. Mit einfachsten Mitteln kann Physikunterricht angeboten werden, in den kostengünstige Experimente eingebettet sind.

Hopf erläutert gegen Ende des Heftes die Bedeutung der Mathematik für qualitativvollen Physikunterricht. Es muss hier sauber getrennt werden zwischen der Verwendung von mathematischen Ausdrücken zur Vereinfachung der Kommunikation und dem algorithmischen Lösen von Rechenbeispielen. Letztere haben mit qualitativvollem Physikunterricht nicht viel zu tun.

Den Abschluss des Hefts bildet ein Beitrag von Hewitt zu konzeptorientiertem Unterricht. Seine Arbeiten der letzten Jahrzehnte gehören sicher zu den besten Vorbildern für qualitativvollen Physikunterricht. Wir freuen uns sehr, dass er sich bereit erklärt hat, für Plus Lucis zu schreiben.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre mit neuen Überlegungen zu qualitativvollem Physikunterricht oder auch viel Spaß beim Wiederentdecken schon bekannter Aspekte.

Claudia Haagen-Schützenhöfer und Martin Hopf

Guter Physikunterricht in der Sekundarstufe I

Claudia Haagen-Schützenhöfer und Martin Hopf

1. Qualitätvoller Physikunterricht

Geht es Ihnen auch so wie uns? Immer wieder stoßen wir auf – vermeintlich einfache – Phänomene aus der Schulphysik, die wir nicht verstehen. Oder genauer gesagt: Immer wieder stellen wir fest, dass die geläufigen Erklärungen für bekannte Phänomene („Dispersion“ beim Regenbogen, „Lorentzkraft“ bei der Leiterschaukel u. v. m.) so gar nicht stimmen können. Oft sind wir dann lange damit beschäftigt, die Physik hinter solchen Dingen zu verstehen. Immer wieder waren auch Fragen von Schüler:innen für solche Suchen ursächlich. Physik ist komplex. Physik zu lernen bzw. physikalische Phänomene zu verstehen ist herausfordernd. Jeder von uns hat diesbezüglich im Laufe der eigenen Auseinandersetzung mit Physik, sei es während der eigenen Schulzeit, während des Physiklehrstudiums, als Lehrkraft für Physik oder im Alltagsleben, schon viele herausfordernde Erfahrungen gemacht. Und nun sind wir ja alle die Expert:innen für die Physik. Wie geht es da erst unseren Schüler:innen?

Für Schüler:innen ist es beim Übertritt von der Volksschule in die Sekundarstufe I eine große Herausforderung, sich ein grundlegendes Verständnis physikalischer Vorgänge zu erarbeiten und dabei nicht die Freude an Physik zu verlieren. Der phänomenbasierte Sachunterricht mit vielen Elementen der Beobachtung und spielerischer Herangehensweisen findet leider meist ein jähes Ende im formalisierten, abstrakten Physikunterricht, der aus Sicht von Schüler:innen oft nur wenig mit ihrem Alltag zu tun hat. Das macht für Lernende das Verstehen, aber auch das Interesse an den Unterrichtsinhalten zu finden schwer. Gerade in dieser Transitionsphase brauchen Schüler:innen ganz besondere Unterstützung, damit sie ihre Motivation, sich ein grundlegendes Verständnis in Physik zu erarbeiten, nicht verlieren und ihr Interesse und ihre Neugierde für Physik bewahren und im besten Fall vertiefen. Und sie brauchen auch ganz besondere Unterstützung dabei, Physik zu lernen.

Damit all das gelingt, sind wir als Lehrpersonen ganz besonders gefordert. Aber wir sind dabei nicht nur auf uns selbst gestellt: Die physikdidaktische Forschung der letzten Dekaden hat eine große, wissenschaftlich gut abgesicherte und verlässliche Basis an belastbarem Wissen dazu erarbeitet, was qualitativ hochwertigen Physikunterricht auszeichnet. Das bietet uns als Lehrpersonen eine hervorragende Leitlinie für guten, verständlichen und interessanten Physikunterricht in der Sekundarstufe I und darüber hinaus. Und wir versprechen Ihnen, dass Unterricht, der nach diesen Leitlinien gestaltet wird, auch Ihnen Freude und Spaß bereiten wird.

Besonders relevant sind in unseren Augen hier folgende Aspekte – und diese sind auch im neuen österreichischen Lehrplan für die Sekundarstufe I verankert [1]:

- Orientierung an den Alltagsvorstellungen der Lernenden
- Einsatz lernwirksamer Unterrichtskonzeptionen
- Verringerung des Abstraktionsgrads und der Mathematisierung
- Orientierung an der Lebenswelt und den Interessen der Schüler:innen – Einsatz von Kontexten aus dem Bereich von Naturphänomenen, Anwendungen der Physik in Biologie und Medizin sowie gesellschaftliche Aspekte von Physik
- Experimente sind in den Lernprozess eingebettet und dienen dem Kompetenzerwerb
- sprachsensibler Physikunterricht

Dieses Heft von Plus Lucis widmet sich diesen Kriterien bzw. verweist auf Hefte oder Artikel, in denen weitere Aspekte wie z. B. die Kompetenzorientierung oder die Natur der Naturwissenschaft behandelt werden. Als Anlass haben wir die Verordnung des neuen Lehrplans der Sekundarstufe I in Österreich genommen, um über guten Physikunterricht zu reflektieren und zentrale Aspekte zu besprechen. Teilweise verweisen wir auch auf schon erschienene Ausgaben von Plus Lucis, in denen verschiedene Themen bereits ausführlich diskutiert wurden.

Natürlich gibt es auch andere, allgemeinere Kriterien guten Unterrichts, wie z. B. ein umsichtiges Classroom Management oder die Methodenvielfalt. Um solche allgemeinen Kriterien wird es in diesem Plus Lucis-Heft nicht gehen. Das heißt aber nicht, dass diese nicht auch wichtig für gelingenden Unterricht sind.

2. Neue Lehrpläne

Neue Lehrpläne sind für Lehrpersonen oft ein Reizthema, weil vieles neu zu denken und auch neu zu tun ist. Aber dennoch ist es immer wieder notwendig, einen neuen Lehrplan zu schreiben. In unseren Augen ist der neue Lehrplan gut gelungen. Er wird für Sie sogar entlastend sein und hat großes Potenzial, die oben benannten Schwierigkeiten des Physikunterrichts zu verringern. Zunächst aber zur Notwendigkeit eines neuen Lehrplans. Erinnern Sie sich an die Angelobung der schwarz-blauen Regierung Schüssel I, daran, dass DJ Ötzi mit „Anton aus Tirol“ die Charts stürmte, Studiengebühren von 5000 € als überraschender Punkt ins Sparpaket aufgenommen wurden? Das war im Jahr 2000, als Mobiltelefone noch nicht SMART

waren, Digitalisierung für die meisten Bereiche noch als Science-Fiction angesehen und der drohende Klimawandel nur in eingeweihten Kreisen diskutiert wurde. Genau in dieser Zeit entstand der Lehrplan, der nun ab 2023 – bzw. in Physik mit 2024, wenn wir die 6. Schulstufe unterrichten – durch den neuen Lehrplan ersetzt wird.

Fragt man ChatGPT 3.5, warum es neue Lehrpläne braucht, so erhält man: „um den sich wandelnden Anforderungen und pädagogischen Prinzipien gerecht zu werden.“ Was immer Sie auch von KI halten mögen, die vier Argumente, die ChatGPT dieser Begründung folgen lässt, lassen sich nicht wegleugnen. Erstens gab es im letzten Vierteljahrhundert zahlreiche neue Erkenntnisse und Entwicklungen in der Physik. Zweitens bringt auch die fachdidaktische und bildungswissenschaftliche Forschung neue Erkenntnisse, wie Schüler:innen besser lernen und wie sie sich besser dazu motivieren lassen. Drittens ändern sich Anforderungen an die Bildung aufgrund gesellschaftlicher Entwicklungen und technologischer Fortschritte. Und unsere Gesellschaft hat sich im letzten Vierteljahrhundert sehr verändert – national in Österreich, aber auch global und nicht nur, aber auch durch den technologischen Fortschritt. Und schließlich haben internationale Vergleichsstudien wie TIMSS und PISA auch dazu beigetragen, die naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) von Schüler:innen in den Zielfokus schulischer Bildung zu rücken. Und das sogar national wie international vergleichbar. Eine wesentliche Schlussfolgerung für unser Bildungssystem war, die Inputorientierung von Unterricht in den Hintergrund zu rücken und stattdessen den Output festzulegen. Konkret werden im neuen Lehrplan die Kompetenzen beschrieben, die Schüler:innen erreichen sollen.

3. Naturwissenschaftliche Grundbildung – Scientific Literacy

In der westlichen Welt ist in den letzten Jahrzehnten immer stärker die naturwissenschaftliche Grundbildung von Schüler:innen als Ziel schulischer naturwissenschaftlicher Bildung festgelegt worden. Darüber ist schon viel geschrieben worden [2]. Zugegeben, naturwissenschaftliche Grundbildung ist ein etwas sperriger Begriff. Wir können uns aber sicher gut darauf verständigen, wann eine Person nicht naturwissenschaftlich grundgebildet handelt (s. Abbildungen 1a-c).

Wir sind uns wohl alle einig darüber, dass diese drei Beispiel-Menschen nicht naturwissenschaftlich grundgebildet sind. Zumindest nicht in den beschriebenen Aktivitäten.

In Ihrem Physikunterricht war sicher die Möglichkeit da, etwas über den Umgang mit Fake News zu lernen, zu verstehen, wann ein Experiment konfidiert ist, und die Anwendungen der Newtonschen Gesetze zu diskutieren, oder? Der neue Lehrplan gibt vor, das noch zu verstärken. Unter Grundbildung wird hier verstanden: „Ziel des Physikunterrichts ist die Weiterentwicklung der naturwissenschaftlichen Grundbildung von

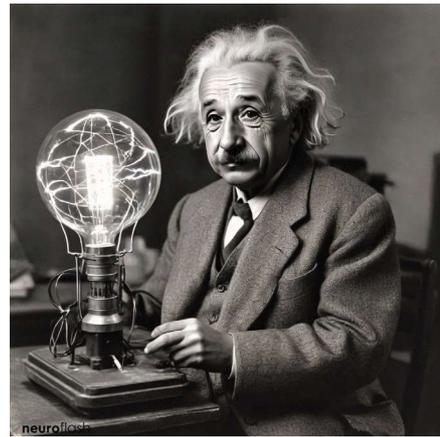


Abbildung 1a: Albert E. ärgert sich immer wieder über die Stromrechnung. Bei seinen Internetrecherchen wird ihm ein Gerät angeboten, mit dem er die „freie Energie“ des Kosmos ganz leicht und kostenfrei ernten kann. Seine Energieprobleme gehören der Vergangenheit an. Bereitwillig schlägt er zu und kauft für teures Geld einen solchen Generator. Klappt aber leider nicht so wie versprochen ... (Bild: Neuroflash KI)



Abbildung 1b: Marie C. hat gehört, dass Mikrowellenherde die darin erhitzten Lebensmittel ungenießbar machen. Sie findet das unglaublich und macht einen Test. Sie erwärmt eine Tasse mit Wasser im Mikrowellenherd. Nach dem Abkühlen gießt sie damit den frisch gekauften Basilikumstrauch in der Küche. Dieser geht daraufhin ganz schnell ein. Das mit dem Mikrowellenherd muss also stimmen ... (Bild: Neuroflash KI)



Abbildung 1c: Ferdinand P. hält Sicherheitsgurte für Humbug. Man kann sich ja ganz leicht am Lenkrad abstützen, wenn etwas passieren sollte ... (Bild: Neuroflash KI)

Schülerinnen und Schülern, damit diese kompetent handeln können. Dazu erwerben sie altersadäquates Fachwissen und nutzen es, um Fragestellungen zu erkennen, sich neues Wissen anzueignen, physikalische Phänomene zu erklären und physikalische Denk- und Arbeitsweisen altersentsprechend anzuwenden. Sie kennen Kernaspekte des Wesens der Physik als Naturwissenschaft (Vorläufigkeit und gleichzeitige Verlässlichkeit des naturwissenschaftlichen Wissens, empirischer und sozialer Charakter der Naturwissenschaften sowie Forschung als kreativer Prozess). Die Schülerinnen und Schüler sind sich bewusst, wie Naturwissenschaften und Technik unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umwelt formen. Sie entwickeln Kompetenzen, um sich mit Problemstellungen aus physikalischer Perspektive als mündige Bürgerinnen und Bürger kritisch auseinandersetzen zu können.“ [1]

Sie können sich das so vorstellen: Denken Sie darüber nach, was Sie an physikalischer Bildung von einer:m (zukünftigen) Bundeskanzler:in erwarten würden. Darum geht es. Und natürlich noch viel mehr darum, welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen Menschen in ihrer Schulzeit entwickeln. Weil: Die meisten werden danach keine Lerngelegenheiten mehr finden. Und im Umkehrschluss: Es geht eben gerade NICHT darum, „kleine Physiker:innen“ auszubilden. Es ist schön, wenn durch Ihren Unterricht viele Kinder und Jugendliche zu einem Physikstudium motiviert werden. Aber das Ziel ist nicht, diese möglichst gut auf die Uni vorzubereiten. Es geht wirklich um naturwissenschaftliche Grundbildung für ALLE Menschen.

Wenn wir das hinbekommen, haben wir viel erreicht. Und: Dieser Anspruch an den Physikunterricht ist nichts wirklich Neues. Ähnliche Formulierungen standen auch schon im alten Lehrplan. Aber die Einführung des neuen Lehrplans ist auf alle Fälle ein Anlass, wieder neu über den Physikunterricht nachzudenken. Und es gibt Hinweise aus der Forschung darauf, dass der bestehende Physikunterricht nicht so gut funktioniert, wie wir uns das wünschen würden.

4. Kompetenzorientierung

Kompetenzorientierung ist ein zentraler Hebel, um Schüler:innen noch besser naturwissenschaftlich grundzubilden. Eine formale Rahmenbedingung für den neuen Lehrplan von Seite des Ministeriums war ganz klar ein Bekenntnis zur Kompetenzorientierung. Im Unterrichtsfach Physik konnten wir bei der Entwicklung des Physiklehrplans für die Sekundarstufe I auf ein verlässliches, bewährtes und gut umsetzbares Kompetenzmodell zurückblicken. Viele von Ihnen werden bei diesem Schlagwort bestimmt dieses dreidimensionale Achsenkreuz vor Augen haben, das 2011 fertiggestellt wurde. Das Kompetenzmodell Physik mit seinen drei zentralen Handlungsdimensionen (Fachwissen anwenden (W), Erkenntnisgewinnung und Experimentieren (E), Standpunkte begründen und aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten (S))

ist fester Bestandteil, wenn wir über aktuellen Physikunterricht sprechen und nachdenken – und ist auch im Lehrplan zur Sekundarstufe II AHS verankert. Kompetenzorientierung greift viel weiter, als nur „den Stoff“ oder Merksatzwissen zu vermitteln. Schüler:innen müssen also nicht nur fachliche Grundkonzepte verstehen, sondern auch lernen, wie sie diese Grundkonzepte in verschiedenen Situationen für verschiedene Zwecke sinnvoll nutzen können, sie müssen in der Lage sein mit fachlichen Informationen umzugehen, aber auch solche Informationen zu nutzen, um ihr eigenes Handeln zu reflektieren.

In der Handlungsdimension W, also beim Anwenden des Fachwissens, geht es darum, physikalisches Wissen zu erwerben und dieses auch auf alltägliche Kontexte anzuwenden. Hierzu gehört zum Beispiel, etwas über den Klimawandel zu lernen. Oder verstanden zu haben, dass der Energieerhaltungssatz stimmt und welche Konsequenzen das in bestimmten Alltagssituationen hat.

Bei „Erkenntnisgewinnung und Experimentieren“, also der Handlungsdimension E, sollen Schüler:innen physikalische Denk- und Arbeitsweisen erwerben. Zum Beispiel sollen sie verstehen, wie man ein faires Experiment planen muss. Oder sie müssen auch lernen, dass man Messungen wiederholen muss, um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten. Und dass Daten interpretiert werden müssen, also wie man zum Beispiel den Energieumsatz einer Elektroheizung messen kann, welche Variablen man dabei konstant halten muss und welche man variieren kann.

Und schließlich geht es bei den Handlungsdimensionen darum, dass Schüler:innen lernen, Standpunkte zu begründen und aus naturwissenschaftlicher Sicht zu bewerten. Sie erkennen zum Beispiel, dass manche Internetseiten unzulängliche Informationen zum Klimawandel präsentieren.

Und ja, das alles braucht viel Zeit. Und Zeit ist mit das Kostbarste, was wir im Physikunterricht haben (bzw. wovon wir immer zu wenig haben). Wenn also – und das tut der neue Lehrplan – gefordert wird, dass die Jugendlichen nicht nur Kompetenzen in der Handlungsdimension W, sondern auch in den Handlungsdimensionen E und S erwerben sollen, dann kann natürlich nicht so viel Fachwissen erworben werden. Das ist gewollt. Wir ermutigen Sie explizit dazu, in Zukunft mehr Zeit als vielleicht bisher in die Handlungsdimensionen E und S zu investieren. Sie werden sehen, auch das ist spannender und interessanter Physikunterricht. Und er führt zu besser naturwissenschaftlich gebildeten Menschen.

Über die Handlungsdimensionen haben wir schon viel geschrieben [3], Sie können auch im MOOC zum neuen Lehrplan vertiefte Informationen erhalten [4].

5. Welche Inhalte eignen sich für die Sekundarstufe I?

Aber kommen wir nun zur Auswahl von Themenbereichen: Das ist immer eine gewaltige Herausforderung. Wie wir oben schon besprochen haben, hat sich die Welt weiterentwickelt. Neue Herausforderungen begleiten uns, zuvorderst die Frage des Klimawandels. Und unser Alltag wird von ganz anderen Themen bestimmt als noch vor 20 Jahren. Dies muss natürlich Niederschlag in der Auswahl der Themen für die Sekundarstufe I finden. Das heißt dann aber auch, dass andere Themen verschwinden müssen. Nur wenn manche Inhalte verschwinden, können neue Themen aufgenommen werden. Und nicht alle Themen können schon sinnvoll in der Sekundarstufe I behandelt werden.

Exemplarisch stellen wir vor, wie die Lehrplangruppe in Österreich das gelöst hat. Die Verteilung der Inhalte wurde dabei anhand der subsidiären Stundentafel vorgenommen. Die sieht in der 2. Schulstufe eine Stunde Physik vor, in der 3. und 4. Schulstufe je zwei Stunden. Es wurde entschieden, den Klimawandel prominent in den Lehrplan aufzunehmen. Und dafür kam eigentlich nur die 4. Schulstufe in Frage – schließlich ist Klimawandel ein komplexes und anspruchsvolles Thema. Wir haben also die Hälfte der 4. Klasse dafür reserviert. Klimawandel wurde dabei in das Themengebiet der Wärmelehre eingebettet. Daneben war es der Lehrplangruppe wichtig, bereits in der Sekundarstufe I den Themenbereich Strahlung zu bearbeiten. Dabei geht es natürlich um ionisierende Strahlung und Radioaktivität, die nach wie vor eine erhebliche Rolle im Alltag spielen, denkt man nur an medizinische Behandlungen oder die Gefährdung durch Radon. Aber es geht auch um andere nicht sichtbare elektromagnetische Strahlungsarten. Naturwissenschaftlich grundgebildete Menschen können UV, IR und Mobilfunkstrahlung voneinander unterscheiden und deren Gefährlichkeit in Alltagskontexten bewerten. Das geht, ohne detaillierte Herleitungen der Dipolstrahlung vorzuführen.

Aber auch dieser Themenbereich ist natürlich am besten in der 4. Klasse aufgehoben.

Der Lehrplangruppe war ebenso wichtig, dass alle klassischen Bereiche der Physik in der Sekundarstufe I vorkommen. Damit waren weitere Themenbereiche aufzuteilen: Optik, Akustik, Elektrizitätslehre und Mechanik. Am besten für die zweite Schulstufe geeignet erschienen uns dabei die Optik und die Akustik. Man kann hier mit einfachsten Objekten und gut nachvollziehbaren Erklärungen sehr viel erreichen. Damit blieb die dritte Schulstufe für die Themengebiete Mechanik und Elektrizitätslehre.

Viele Themen sind daher nun nicht mehr im Lehrplan. Und vermutlich sind viele Lehrpersonen darüber enttäuscht. Aber die Lehrplangruppe ist der festen Überzeugung, dass weniger mehr ist. Es sollten nicht noch zusätzliche Dinge über das hinaus unterrichtet werden, was schon im Lehrplan steht. Schulbücher verleiten manchmal dazu. Diese haben immer wieder die Gewohnheit, eine Vielzahl an Themen zu behandeln, die gar nicht im Lehrplan stehen.

In unseren Augen ist der neue Lehrplan für die Sekundarstufe I in Österreich ein sehr guter Rahmen, um durch kompetenzorientierten Unterricht dazu beizutragen, dass naturwissenschaftlich grundgebildete Menschen die Schule verlassen.

Die oben diskutierten Kriterien guten Physikunterrichts werden in anderen Beiträgen des vorliegenden Heftes behandelt. Werden sie berücksichtigt, wird der Physikunterricht nicht nur besser klappen, er wird auch Ihnen als Lehrperson mehr Spaß machen. Versprochen!

Claudia Haagen-Schützenhöfer *Universität Graz,*
Fachdidaktikzentrum Physik
Martin Hopf *Universität Wien, Fachdidaktik Physik*

Literatur

- [1] BMBWF (2023). Lehrplan für die allgemeinbildende höhere Schule bzw. BMBWF (2023). Lehrplan für die Mittelschule. <https://www.paedagogikpaket.at/massnahmen/lehrplaene-neu/materialien-zu-den-unterrichtsgegenstaenden.html>
- [2] Hopf, M., Kapelari, S. & Lembens, A. (2017). Naturwissenschaftliche Grundbildung – Welchen Beitrag kann kompetenzorientierter Unterricht dazu leisten? PlusLucis 2017 (1), 4-10.
- [3] Themenhefte „Kompetenz“ und „Kompetenz Physik“, PlusLucis 1 und 2/2017.
- [4] MOOC zum neuen Lehrplan Physik. <https://imoox.at/course/neuer-lehrplanphysik>

Interessensförderung im Physikunterricht

Eine für alle!

Sarah Zöchling, Martin Hopf, Julia Woithe und Sascha Schmeling

1. Einführung

Man könnte meinen, dass schon gut bekannt ist, wie Physikunterricht interessant für Schüler:innen gestaltet werden kann. Doch trotz zahlreicher Bemühungen, Physik für Schüler:innen interessanter zu machen, nimmt deren Interesse mit dem Beginn des Physikunterrichts immer weiter ab [1, 2]. Es ist ein wesentliches Ziel des Physikunterrichts, das Interesse von Schüler:innen an Physik zu fördern. Zum einen hat Interessensförderung eine hohe Bedeutung für die naturwissenschaftliche Grundbildung der Jugendlichen. So steht das Interesse von Schüler:innen beispielsweise in positivem Zusammenhang mit ihrem Durchhaltevermögen und ihrem Lernerfolg bei der Beschäftigung mit einem Thema (z. B. [3]). Zum anderen ist Interessensförderung von hoher Bedeutung für die Gesellschaft. Man denke beispielsweise an die steigende Anzahl von Berufen im MINT-Bereich, die mit Physik zu tun haben. Wesentlich für die Kurs- und Berufswahl von Schüler:innen ist ihr Interesse (z. B. [4]). Der vorliegende Artikel stellt einige Schwerpunkte bisheriger Forschung zum Interesse an Physik sowie eine empirisch fundierte, neu entwickelte Konzeptualisierung für Interessensförderung im Physikunterricht vor.

2. Was bedeutet „Interesse“ und was ist „interessant“?

2.1 Theorie

Der Begriff „Interesse“ wird in unserem Alltag auf vielfältige Weise verwendet. In der Fachdidaktik wird das psychologische Konstrukt „Interesse“ zumeist mit der „Person-Gegenstands-Theorie“ beschrieben [5]. Demnach bezieht sich das Interesse einer Person immer auf etwas (d. h. es ist gegenstandsspezifisch). Im Physikunterricht kann sich das Interesse eines:r Schülers:in (d. h. der Person) auf verschiedene Gegenstände beziehen, wie etwa auf spezifische Inhalte (z. B. Elektromagnete) oder Aktivitäten (z. B. ein Experiment durchführen). Das Interesse umfasst drei Komponenten: (1) Die emotionale Komponente sind die positiven Gefühle, die ein:e Schüler:in mit einem Gegenstand assoziiert. Zu Beginn der Interessenentwicklung eines:r Schülers:in können diese Gefühle auch negativ sein. (2) Die wertbezogene Komponente ist die persönliche Relevanz und Bedeutsamkeit eines Gegenstands für den:ie Schüler:in. (3) Die kognitiv-epistemische Komponente ist der Wunsch, einen Gegenstand besser zu verstehen, mehr darüber zu lernen und mehr darüber zu wissen.

Die Entwicklung von Interesse kann mit dem „4-Phasen-Modell der Interessensentwicklung“ beschrieben werden [6]. In

der ersten Phase („ausgelöstes situationsbezogenes Interesse“) herrscht die emotionale Komponente des Interesses vor. Das heißt, die Schüler:innen erleben Interesse in Form von positiven oder negativen Gefühlen, die durch die Gestaltung einer Lerneinheit ausgelöst werden. Im weiteren Verlauf der Interessensentwicklung („anhaltendes situationsbezogenes Interesse“) beginnen Schüler:innen, persönlichen Wert auf der Grundlage bereits bestehender positiver Gefühle zu erkennen (d. h. die wertbezogene Komponente des Interesses gewinnt an Bedeutung). In der dritten und vierten Phase der Interessensentwicklung („sich entwickelndes“ und „bereits gut entwickeltes individuelles Interesse“) gewinnt die kognitiv-epistemische Komponente an Bedeutung. Das heißt, die Schüler:innen beschäftigen sich sogar ohne externe Anreize (z. B. interessante Gestaltung einer Lerneinheit) mit dem Interessensgegenstand, um mehr darüber zu lernen.

2.2 Bisherige Forschung

Frühere Studien, in denen das Interesse von Schüler:innen an Physik untersucht wurde, konzentrierten sich vor allem auf drei Aspekte: interessante Inhalte (z. B. Geschwindigkeit), interessante Kontexte (z. B. Medizin) bzw. interessante Aufgaben (z. B. Berechnen). Der Begriff „Kontext“ bezieht sich auf die Handlungslinie („Storyline“) einer Lernaktivität. Im Allgemeinen fanden Fachdidaktiker:innen heraus, dass das Interesse je nach Inhalt, Kontext oder Aufgabe variiert (z. B. [1, 7]). Zum Beispiel deuten frühere Studien im Hinblick auf Inhaltsbereiche an, dass moderne Physik (z. B. Radioaktivität oder das Universum und seine Entwicklung) interessanter ist als klassische Physik (z. B. [1, 8]). Im Hinblick auf Kontexte wurde gezeigt, dass gesellschaftliche Relevanz gleichermaßen und sehr interessant für alle Schüler:innen ist (z. B. die Möglichkeit auf einem anderen Planeten zu leben, oder der menschliche Körper) [1,7]. Im Hinblick auf Aufgaben stimmen frühere Studien überein, dass Schüler:innen der Sekundarstufe 1 besonders interessiert sind an praktischen Aufgaben („hands-on“), während in der Sekundarstufe 2 Aufgaben der Evaluation und Diskussion interessanter werden (z. B. [1]). Insgesamt wurde jedoch dem Kontext in früheren Studien eine herausragende Bedeutung zugeschrieben, da er den größten Einfluss auf das Interesse hat [1, 7]. Außerdem wurden Schüler:innen in früheren Studien entsprechend ihrer Interessen in verschiedene Interessentypen eingeteilt. Die Beschreibung von Interessentypen stellt eine gute Möglichkeit dar, Lehrkräften Empfehlungen für die Gestaltung interessanter Lernaktivitäten zu geben. Allerdings wurden die Interessentypen bisher nicht konsistent dargestellt. Deshalb hat Zöchling im

Rahmen ihres Dissertationsprojekts die Interessentypen von Schüler:innen an Physik neu untersucht [9]. Dabei wurde gezeigt, dass es einen Interessentyp gibt, der spezifisch für die verschiedenen Inhaltsbereiche ist. Er umfasst Schüler:innen, die je nach Inhaltsbereich vor allem an Physikhalten in wissenschaftlichen oder technischen Kontexten interessiert sind und ein relativ hohes physikbezogenes Selbstkonzept und Interesse haben. Allerdings sind nur vergleichsweise wenige Lernende diesem Interessentyp zuzuordnen. Die große Mehrheit der Schüler:innen (etwa 70 %) formt einen Interessentyp, der universell für alle Inhaltsbereiche ist. Er umfasst Schüler:innen, die sich nur für Physikhalte in bestimmten Kontexten interessieren. Um zu beschreiben, welche Kontexte im Verhältnis zueinander mehr oder weniger interessant für diesen Interessentyp (d. h. für die große Mehrheit der Schüler:innen) sind, hat Zöchling eine Konzeptualisierung für Interessensförderung im Physikunterricht in Form einer Hierarchie interessanter Kontexte (hierarchy of levels of interest in physics, HOLIP) entwickelt.

3. HOLIP – Interessensförderung für alle!

Die HOLIP gibt einen klaren Überblick darüber, wie interessant verschiedene Kontexte („Storylines“, d. h. Handlungslinien), in denen Physikhalte eingebettet werden können, im Verhältnis zueinander sind (siehe Abbildung 1). Die meisten Schüler:innen sind interessiert an Physik in Kontexten mit Be-

zug zum eigenen Körper, gesellschaftlicher Relevanz („socio-scientific issues“) oder den existenziellen Fragen der Menschheit [10]. All diese drei Aspekte wecken Interesse, indem sie positive oder negative Emotionen hervorrufen, was zum „4-Phasen-Modell der Interessensentwicklung“ passt, in dem zu Beginn die emotionale Komponente des Interesses vorherrscht [6]. Weniger Schüler:innen sind zusätzlich interessiert an Physik, wenn sie in einem Alltagskontext steht. Dabei sind konkrete Alltagsbeispiele interessanter als das Alltagsleben im Allgemeinen. Dies passt zum weiteren Verlauf der Interessensentwicklung im 4-Phasen-Modell, in dem eine Person beginnt, persönlichen Wert auf der Grundlage bereits bestehender positiver Gefühle zu erkennen (d. h. die wertbezogene Komponente des Interesses überwiegt) [6]. Noch weniger Schüler:innen sind darüber hinaus an Physik interessiert, wenn es in einem rein wissenschaftlichen oder technischen Kontext steht. Auch dies passt zum „4-Phasen-Modell der Interessensentwicklung“, in dem zum Schluss die kognitiv-epistemische Komponente des Interesses an Bedeutung gewinnt und die Schüler:innen einen Interessensgegenstand besser verstehen möchten [6].

Bei der Interpretation der HOLIP ist zu berücksichtigen, dass sie eine Hierarchie interessanter Kontexte darstellt und dass Physikhalte, die nicht in einen Kontext eingebettet werden, zumeist weniger interessant sind als die, die in einen Kontext eingebettet werden. Basierend auf der HOLIP empfehlen wir,

HOLIP

Hierarchie interessanter Kontexte



- Die meisten Schüler:innen interessieren sich lediglich für Kontexte mit Bezug zu
- (1) dem **eigenen Körper**, z.B. Arm als Hebel, Bioelektrizität, Mensch als Energiewandler;
 - (2) **gesellschaftlicher Relevanz** („socio-scientific issues“), z. B. Autounfälle, künstliche Gelenke, medizinische Diagnose- und Therapieverfahren, Waffenschmuggel, Klimawandel, Polarlichter, Wetterphänomene, Raumfahrt; oder
 - (3) den **existenziellen Fragen der Menschheit**, z. B. „Wie ist das Universum entstanden?“, „Wie wird sich das Universum weiterentwickeln?“, „Woraus bestehen wir?“, „Was ist Zeit?“, „Kann man auf einem anderen Planeten leben?“, „Wie entwickeln sich Sterne?“



Weniger Schüler:innen interessieren sich zusätzlich für Kontexte mit **Alltagsbezug**, z.B. Alltagsleben, Sitzen, Gehen, Kochen, Heizen; oder **konkrete Alltagsbeispiele**, z.B. Digitalkamera, Smartphone, Ladekabel, Herd, Schere, Fenster



Noch weniger Schüler:innen sind zusätzlich an Kontexten interessiert mit Bezug zu **Wissenschaft**, z.B. Teilchenkollisionen, Isotopenforschung, Materialphysik; oder **Technik**, z. B. Autowerkstatt, Erdöl, Elektronikindustrie

Abbildung 1: Die HOLIP Konzeptualisierung für Interessensförderung im Physikunterricht zeigt, wie interessant verschiedene Kontexte („Storylines“, d. h. Handlungslinien) für Schüler:innen sind.

Physikinhalte vorrangig in die Kontexte einzubetten, die am interessantesten für die meisten Schüler:innen sind. Einige Beispiele werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Der Mensch als Energiewandler ist ein Beispiel für Mechanik mit Bezug zum menschlichen Körper. Im menschlichen Körper finden viele verschiedene Energieumwandlungen statt. So kann der menschliche Körper beispielsweise chemische Energie in Form von Nahrung aufnehmen und in thermische Energie und Bewegungsenergie umwandeln.

Der Flug einer Rakete ist ein Beispiel für Mechanik in einem Kontext mit Bezug zu den existenziellen Fragen der Menschheit. Raketenflüge ermöglichen es beispielsweise herauszufinden, wie andere Planeten aufgebaut sind und ob man auf ihnen leben könnte. Beim Flug einer Rakete ist das Actio-est-reactio-Prinzip essenziell. Die Rakete stößt Treibstoffgase mit hoher Geschwindigkeit aus (actio). Die reactio des Treibstoffs beschleunigt die Rakete in Flugrichtung. Genauso stoßen Kraken Wasser aus, um sich dank dessen schnell fortzubewegen.

Blitze bei Gewittern sind ein Beispiel für Elektrizitätslehre in einem Kontext mit gesellschaftlicher Relevanz. Das Wetterphänomen „Blitz“ tritt aufgrund des Klimawandels in Europa beispielsweise immer häufiger auf und birgt Gefahren für Mensch und Umwelt (z. B. Brände). Beim Auftürmen einer Gewitterwolke findet Ladungstrennung statt. Die hohe elektrische Spannung zwischen Wolke und Erde entlädt sich in Form eines Blitzes.

Die Zeitdilatation bei einem Flugzeugflug ist ein Beispiel für Relativitätstheorie in einem Kontext mit Bezug zu den existenziellen Fragen der Menschheit. Je nach Relativgeschwindigkeit vergeht die Zeit im bewegten Bezugssystem (Flugzeug) langsamer als im ruhenden (Erde). Dies konnte bereits mit Atomuhren experimentell nachgewiesen werden.

Dass man auf einem Sessel sitzen kann, ist ein Beispiel für Teilchenphysik in einem Kontext mit Alltagsbezug. Elektronen wechselwirken miteinander, weil sie eine elektrische Ladung haben. Diese Wechselwirkung verhindert, dass man beim Sitzen durch den Sessel fällt. Denn die Elektronen des Körpers und die Elektronen des Stuhls stoßen sich gegenseitig ab und können nicht beliebig nah zusammengebracht werden.

Positron-Emissions-Tomographie (PET) ist ein Beispiel für Teilchenphysik in einem medizinischen Kontext (siehe Abbildung 2). Je nach Schüler:in haben medizinische Kontexte entweder Bezug zum eigenen Körper oder gesellschaftliche Relevanz. So kann es sein, dass manche Schüler:innen ein medizinisches Diagnose- oder Therapieverfahren bereits am eigenen Körper erlebt haben, während das auf andere nicht zutrifft. Bei der PET annihilieren Elektronen und Positronen



Abbildung 2: Positron-Emissions-Tomographie (PET) ist ein Beispiel für Teilchenphysik im medizinischen Kontext.

(auch Anti-Elektronen genannt), wobei Paare von Photonen entstehen. Das Positron wird von der in den:ie Patient:in injizierten radioaktiven Substanz ausgesandt und das Elektron stammt vom Tumor selbst. In dem man die Photonen detektiert, die bei der Annihilation entstehen, kann man die Lage eines Tumors feststellen. Ein von Zöchling entwickeltes interaktives Lernmodul zu PET auf Englisch mit deutschen Untertiteln ist online verfügbar. [11]

Die Beispiele zeigen, dass die in der HOLIP vorgestellten Kontexte auf die verschiedenen Inhaltsbereiche der Physik angewandt werden können. Mit der HOLIP kann zwar das Interesse der großen Mehrheit der Schüler:innen (71 %, vgl. oben) beschrieben werden, dennoch stellt sich die Frage, woran die anderen Schüler:innen interessiert sind. In der Studie von Zöchling wurde gezeigt, dass diese Schüler:innen einen anderen Interessentyp formen, der spezifisch für die verschiedenen Inhaltsbereiche ist. Sie sind je nach Inhaltsbereich vor allem an Physikinhalten in Kontexten mit Bezug zu Wissenschaft oder Technik interessiert und haben ein größeres physikbezogenes Selbstkonzept und Interesse an Physik. Das Interesse dieser Schüler:innen kann nur bedingt mit der HOLIP beschrieben werden. Allerdings ist es wahrscheinlich, dass diese Schüler:innen nach wie vor an Physik interessiert sind, wenn diese in Kontexten präsentiert wird, die für die meisten Schüler:innen am interessantesten sind, obwohl für sie andere Kontexte, wie etwa Wissenschaft oder Technik, relativ dazu interessanter wären. Wir schlussfolgern, dass die HOLIP Lehrkräfte dabei unterstützen kann, Lernaktivitäten zu entwickeln, die für Schüler:innen im Regelunterricht mit unterschiedlichen Graden sowohl von Interesse als auch von physikbezogenem Selbstkonzept interessant sind. Wir empfehlen Lehrkräften für die Unterrichtspraxis, die HOLIP auf alle Physikinhaltsbereiche anzuwenden, sofern diese in die vorgeschlagenen Kontexte eingebettet werden können. Darüber hinaus empfehlen wir, hin und wieder differenzierte Aufgaben zu stellen, wobei die Schüler:innen selbst den Kontext wählen können, und dabei auch Kontexte einzubauen, die für Schüler:innen des kleineren Interessentyp besonders interessant sind.

4. Das zugrundeliegende Forschungsprojekt

Grundlegend für die Entwicklung der HOLIP war eine physikdidaktische Studie, in der das Interesse von Schüler:innen an Physik erforscht wurde [9]. Insbesondere sollte untersucht werden, in welche verschiedenen Interessentypen sich heutige Schüler:innen einteilen lassen, wobei je ein Inhaltsbereich der klassischen und der modernen Physik berücksichtigt wurde.

4.1 Design

Kern der Arbeit ist eine Kohortenquerschnittsstudie mit deutschsprachigen Schüler:innen im Alter von 14 bis 16 Jahren (N = 1214) aus Österreich (N = 798), Deutschland (N = 233) und der Schweiz (N = 183). Das Interesse der Schüler:innen an Mechanik und Teilchenphysik wurde mit dem originalen Messinstrument für Interesse an Mechanik aus der IPN-Studie und einem neu entwickelten Messinstrument für Interesse an Teilchenphysik erfasst [1, 8]. Das Messinstrument bestand jeweils aus einem Einführungstext zum Inhaltsbereich und 11 Items zum Interesse. Die Items präsentieren Physik in verschiedenen Kontexten (siehe Beispiele in Tabelle 1). Die Schüler:innen drücken ihr Interesse an jedem Item auf einer 5-stufigen Rating Skala aus, die von „Mein Interesse daran ist ...“ sehr groß (= 5) bis sehr gering (= 1) reicht. Darüber hinaus wurden verschiedene Schüler:innenmerkmale, wie etwa das physikbezogene Selbstkonzept, gemessen. Die erhobenen Daten zum Interesse der Schüler:innen wurden mit Mixed Rasch-Modellen analysiert, die es ermöglichen qualitative Unterschiede in den gemessenen Konstrukten, wie etwa dem gemessenen Interesse, zwischen verschiedenen Gruppen von Schüler:innen aufzudecken.

Tabelle 1: Beispielimens zu den Messinstrumenten für Interesse an Mechanik und Teilchenphysik. Das Item 3 ist jeweils in einen Kontext mit gesellschaftlicher Relevanz gesetzt, Item 6 in einen technischen Kontext und Item 7 in einen medizinischen Kontext.

Item #	Beispielimens Teilchenphysik	Beispielimens Mechanik
3	Mehr darüber erfahren, wie mithilfe von Teilchendetektoren geschmuggelte Waffen in einem Container entdeckt werden können	Mehr darüber erfahren, wie die Wahrscheinlichkeit eines Autounfalls und die Schwere der Unfallfolgen mit zunehmender Geschwindigkeit wachsen
6	Mehr Einblick erhalten, wie in der Elektronik-Industrie mit Teilchenbeschleunigern gearbeitet wird	Mehr Einblick erhalten, welche kraftsparenden Geräte in einer Autowerkstatt verwendet werden
7	Mehr Einblick erhalten, wie in einem medizinischen Diagnose-Zentrum gearbeitet wird	Mehr Einblick erhalten, welche künstlichen Organe (z. B. Herz als Blutpumpe) und Gelenke heute in der Medizin zur Verfügung stehen

4.2 Ergebnisse

In beiden Inhaltsbereichen konnten zwei verschiedene Typen des Interesses an Physik unterschieden werden (siehe Tabelle 2).

Der erste Interessentyp wurde als „Physik? Nur in bestimmten Kontexten!“ bezeichnet und umfasste Schüler:innen, die nur an physikalischen Inhalten interessiert sind, wenn sie in bestimmten Kontexten präsentiert werden. Die meisten Schüler:innen konnten in beiden Inhaltsbereichen diesem Interessentyp zugeordnet werden (M1: 86 % der Schüler:innen in Mechanik, TP1: 79 % der Schüler:innen in Teilchenphysik). 71 % der Schüler:innen wurden diesem Interessentyp sogar in beiden Inhaltsbereichen zugeordnet. Dies deutet darauf hin, dass der Interessentyp „Physik? Nur in bestimmten Kontexten!“ universell für die beiden Inhaltsbereiche ist. Um das Interesse dieser Schüler:innen zu beschreiben, wurde die HOLIP entwickelt (siehe Abschnitt 3). Der jeweils zweite Typ des Interesses ist spezifisch für jeden Inhaltsbereich. In Mechanik umfasste der zweite Interessentyp Schüler:innen, die vorrangig an Mechanik in technischen Kontexten interessiert sind (M2: 14 % der Schüler:innen). Der zweite Interessentyp in Teilchenphysik waren hauptsächlich an Teilchenphysik in wissenschaftlichen Kontexten interessiert, insbesondere an den speziellen Aspekten der Teilchenphysik als Inhaltsbereich und Forschungsdisziplin (TP2: 21 % der Schüler:innen). Nur ein kleiner Anteil der Schüler:innen (5 %) wurde dem jeweils zweiten Interessentyp (M2 und TP2) in beiden Inhaltsbereichen zugeordnet. Dies verdeutlicht, dass diese Interessentypen spezifisch für die beiden Inhaltsbereiche waren, im Gegensatz zum übergeordneten Interessentyp der Schüler:innen, die nur an Physik in bestimmten Kontexten interessiert waren.

Tabelle 2: Kategorisierung von Schüler:innen in die verschiedenen Interessentypen für Mechanik und Teilchenphysik sowie Schüler:innen, die für beide Inhaltsbereiche in denselben Typ kategorisiert wurden (d. h. M1 und TP1 bzw. M2 und TP2).

Interessens-typen	Mechanik (Anzahl und % der Schüler:innen)	Teilchenphysik (Anzahl und % der Schüler:innen)	Beide Inhaltsbereiche (Anzahl und % der Schüler:innen)
Physik? Nur in bestimmten Kontexten! (M1 und TP1)	1030 (86 %)	937 (79 %)	840 (71 %)
Mechanik in technischen Kontexten (M2)	157 (14 %)	-	60 (5 %)
Teilchenphysik in wissenschaftlichen Kontexten (TP2)	-	250 (21 %)	

Die Verteilung der Geschlechter in den Typen „Physik? Nur in bestimmten Kontexten“ war relativ ausgewogen (M1: 57 % weiblich; TP1: 60 % weiblich) und das physikbezogene Selbstkonzept der Schüler:innen relativ niedrig. Im Vergleich dazu war die Verteilung der Geschlechter in den Typen M2 („Mechanik in technischen Kontexten“) und TP2 („Teilchenphysik in wissenschaftlichen Kontexten“) unausgewogen (M2: 71 % männlich; TP2: 70 % männlich) und das mittlere physikbezogene Selbstkonzept der Schüler:innen war relativ hoch. Da Schüler:innen mit höherem

physikbezogenen Selbstkonzept eher männlich als weiblich waren, ist es nicht überraschend, dass mehr männliche als weibliche Schüler:innen in den Typen mit höherem mittleren physikbezogenen Selbstkonzept waren (d. h. in M2 „Mechanik in technischen Kontexten“ und TP2 „Teilchenphysik in wissenschaftlichen Kontexten“).

Für die meisten Schüler:innen (d. h. die Typen M1 und TP1) waren beide Inhaltsbereiche (d. h. Mechanik und Teilchenphysik) gleichermaßen interessant. Lediglich für die Schü-

ler:innen der Typen mit höherem physikbezogenen Selbstkonzept (d. h. die Typen M2, 14 % der Schüler:innen, und TP2, 21 % der Schüler:innen) war Teilchenphysik interessanter als Mechanik.

Sarah Zöchling CERN

Martin Hopf Universität Wien, Physikdidaktik

Julia Woithe CERN

Sascha Schmeling CERN

Literatur

- [1] Häußler, P., Lehrke, M., & Hoffmann, L. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. IPN Kiel.
- [2] Galton, M. (2009). Moving to secondary school: Initial encounters and their effects. *Perspectives on Education*, 2, 5-21.
- [3] Nuutila, K., Tapola, A., Tuominen, H., Kupiainen, S., Pásztor, A., & Niemivirta, M. (2020). Reciprocal predictions between interest, self-efficacy, and performance during a task. *Frontiers in Education*, 5(36). <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00036>
- [4] Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among US students. *Science Education*, 95(5), 877-907. <https://doi.org/10.1002/sce.20441>
- [5] Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), 383-409. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00011-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00011-1)
- [6] Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- [7] Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2012). Results and perspectives from the ROSE Project: Attitudinal aspects of young people and science in a comparative perspective. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science education research and practice in Europe. Cultural perspectives in science education*, 5 (pp. 203-236). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_9
- [8] OECD (2016). PISA 2015 results (Volume I): Excellence and equity in education. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- [9] Zöchling, S. (2023). Students' types of interest in physics revisited. University of Vienna. <https://doi.org/10.25365/thesis.74729>
- [10] Dabei sind Kontexte mit Bezug zum eigenen Körper interessanter als beispielsweise medizinische Kontexte, die keinen Bezug zum eigenen Körper haben und die man deshalb eher als Kontexte mit gesellschaftlicher Relevanz betrachten kann.
- [11] <https://cern.ch/petlearningmodule>

Kontextorientierung im Physikunterricht am Beispiel von EKO

Liza Dopatka

1. Einleitung

Als Lehrkraft trifft man bei der Planung und Gestaltung von Unterricht eine Vielzahl an Entscheidungen, die sich zum Beispiel auf die zu vermittelnden Kompetenzen, die Auswahl geeigneter Fachinhalte, ihre Elementarisierung sowie die methodische Umsetzung beziehen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Analyse der kognitiven Voraussetzungen sowie den Präkonzepten der Lernenden, die den Lernprozess beeinflussen. Trotz dieser Überlegungen erscheint Physikunterricht aus Sicht der Lernenden häufig so, dass man dort Dinge sieht, die man sonst nirgendwo erblickt, Sachen macht, die man sonst nirgendwo tut und Wörter verwendet, die man sonst nirgendwo braucht [1]. Studien belegen, dass Lernende ihr Wissen kaum auf Kontexte oder Problemstellungen aus dem Alltag anwenden können [2]. Das Interesse an den Inhalten des Physikunterrichts nimmt im Verlauf der Sekundarstufe I ab und Physikunterricht zählt vor allem für Mädchen zu den unbeliebtesten Fächern [3,4]. Das Gelernte bleibt bei den Schüler:innen häufig auf den reinen Schulkontext beschränkt, die Bedeutung der zu erlernenden Inhalte scheint ihnen weitgehend verborgen zu bleiben und ein Transfer auf die außerschulische Lebenswelt gelingt kaum [5].

Zur Verbesserung des Kompetenzerwerbs und zum Erreichen eines höheren Interesses wird kontextorientierten Unterrichtsansätzen im naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen und im Fach Physik insbesondere ein großes Potenzial zugesprochen [6]. Kontextorientierter Unterricht greift bei der Vermittlung von Fachinhalten Problem- und Fragestellungen der realen Welt auf. Hierdurch wird die Relevanz des Fachinhalts sichtbar und zudem angestrebt, das Interesse der Lernenden an naturwissenschaftlichen Fragestellungen (hoch) zu halten oder gar zu wecken, um eine Aufgeschlossenheit und Neugier über die Schulzeit hinaus zu bewirken. Lehrpläne und Curricula fordern daher den Einsatz von Kontexten im Unterricht, lassen jedoch wesentliche Fragen weitgehend offen:

- Welche Kontexte sind für Lernende interessant?
- Welche Kontexte eignen sich zur Erarbeitung welcher Fachinhalte?
- Wie können Kontexte in den Unterricht integriert werden?
- Welche Vor- und Nachteile ergeben sich durch den Einsatz von Kontexten?

Anhand des Unterrichtskonzeptes „Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Kontexten“ – kurz EKO, das zudem empirisch erprobt ist, werden diese Fragen nachfolgend aufgegriffen. Die vollständigen Unterrichtsmaterialien finden Sie im Schulbuchformat auf der Webseite www.einfachelehre.de [7] oder als Kopiervorlagen für Lernende im Brigg-Verlag [8].

2. Interessante Kontexte

Kontexten kommt mit Abstand die größte Bedeutung für das Interesse an den Inhalten im Physikunterricht zu [9]. Vor allem Mädchen reagieren sehr sensibel auf die Wahl des Kontextes. Demnach macht es für sie einen großen Unterschied, ob sie beispielsweise den Inhalt des elektrischen Widerstands am Beispiel des Zitterraals oder anhand einer Stromleitung lernen. Eine erste Herausforderung für Lehrkräfte besteht bei kontextorientiertem Unterricht somit in der Wahl eines geeigneten Kontextes, der möglichst viele Lernende anspricht.

Kontexte wie Autoscooter, elektrische Fische (Zitteraal), Wölfe am Weidezaun, Elektrotherapie, Lügendetektor, Blitze, Defibrillator, Geoelektrik oder der Reiseföhn sind bisher wenig geläufig im Unterricht der Elektrizitätslehre. Die Auswahl dieser Kontexte für das Unterrichtskonzept „Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Kontexten“ basiert auf Erkenntnissen zur Interessenforschung im naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere der IPN-, ROSE- und IDa-Studie [3, 10, 11]. Neben dem Interessenbereich Technik, der nur von ca. 20 % der Lernenden als interessant empfunden wird, greift das Unterrichtskonzept auch die zwei weiteren Interessensbereiche auf, an denen weitaus mehr Lernende interessiert sind: Physik im Zusammenhang mit Naturphänomenen oder dem Menschen sowie gesellschaftlichen Aspekten [3]. Auch die ROSE-Studie belegt, dass das Interesse an humanbiologischen oder medizinischen Themen sowie gesellschaftsrelevanten Kontexten im Zusammenhang mit Bedrohungen und Gefahren für Mensch und Natur bei Jugendlichen aus Österreich und Deutschland hoch ist [10]. In Tabelle 1 sind die Erkenntnisse für interessante und weniger interessante Kontexte dargestellt. Sie bieten eine Orientierung bei der Auswahl von Kontexten, die Lernende unabhängig eines physikalischen Gebietes wie der Elektrizitätslehre interessant finden, wobei zusätzliche Unterschiede bei Mädchen und Jungen farblich hervorgehoben werden.

Tabelle 1: Interessante Kontexte für Jugendliche aus der ROSE-Studie, insbesondere interessant für Mädchen (grün) oder Jungen (blau)

interessante Kontexte	weniger interessante Kontexte
<ul style="list-style-type: none"> • unmittelbarer Zusammenhang zum eigenen Körper • Gesundheit und Medizin • Mystik und Wunder 	<ul style="list-style-type: none"> • Alltagsnutzen
<ul style="list-style-type: none"> • Gefahren und Risiken für die Menschheit „Spektakuläres“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Fitness • Schönheit und Ästhetik

Perspektive betrachtet werden. Die Schwierigkeit für Lehrkräfte besteht neben der Auswahl des Kontextes in dessen Elementarisierung entsprechend dem Anforderungsniveau der Schüler:innen. Interessante Kontexte, die nicht verstanden werden, sind für den Lernprozess ebenso wenig zielführend wie Kontexte, die so weit vereinfacht wurden, dass sie nicht mehr authentisch erscheinen. Geeignete Beispiele für Kontexte und Fachinhalte der Anfangselektizitätslehre aus den Unterrichtsmaterialien von EKO sind in Tabelle 2 abgebildet [7, 8].

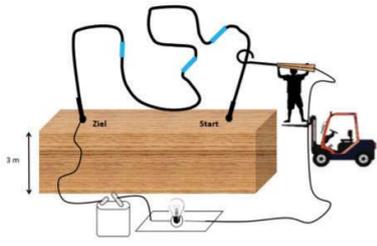
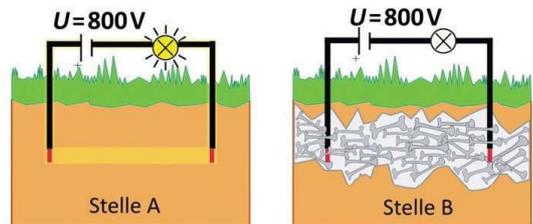
3. Kontexte und Fachinhalte

In der Regel bieten sich mehrere Kontexte, also Anwendungszusammenhänge der realen Welt, an, um einen Fachinhalt zu erlernen. Der Kontext erlaubt somit unter verschiedenen Perspektiven z. B. Natur oder Gesellschaft einen einzigen Fachinhalt zu erarbeiten. So kann die elektrische Spannung beispielsweise anhand des Kontextes des Zitterraals aus der Natur oder des Defibrillators aus der stärker gesellschaftlichen

4. Kontexte in den Unterricht integrieren

Die Integration von Kontexten in den Unterricht kann durch zwei Ansätze realisiert werden: kontextstrukturiert oder fachsystematisch kontextorientiert (s. Abbildung 1) [12]. Die Unterrichtsmaterialien „Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Kontexten“ zeigen eine praktische Umsetzung des kontextstrukturierten Ansatzes. Bei diesem Ansatz ist der Ausgangspunkt des Lernens eine konkrete, möglichst

Tabelle 2: Beispiele für Fachinhalte und Kontexte

Fachinhalt	Kontexte
geschlossener Stromkreis	<p>Autoscooter Wie findet die Energieübertragung auf die fahrenden Autoscooter statt?</p>  <p>Bild von pixabay.com</p>
elektrischer Widerstand	<p>Heißer Draht Wie kann man bei dem Spiel gewinnen?</p>  <p>Bild erstellt von Liza Dopatka</p>
elektrischer Widerstand	<p>Geoelektrik Wie können ohne aufwendige Ausgrabungen Objekte unter der Erde gefunden und erkannt werden?</p>  <p>Bild erstellt von Benedikt Gottschlich</p>
elektrischer Widerstand	<p>Zitteraal Warum lähmen Zitteraale mit den verursachten Stromschlägen den Beutefisch, aber nicht sich selbst?</p>  <p>Bild von Scott auf flickr.com, Lizenz: CC BY-SA 2.0</p>
Reihenschaltung	<p>Reizstrombehandlung Bewirkt die Reihenschaltung einen Unterschied in der Behandlung der Knie?</p>  <p>Bild erstellt von Thomas Wilhelm</p>
Reihenschaltung	<p>Lügendetektor Wie deckt ein Lügendetektor eine Lüge auf?</p>  <p>Bild von standret auf freepik.com</p>

authentische Frage- oder Problemstellung aus der Lebenswelt. Anhand des Kontextes werden Fachinhalte gelernt, die es zur Beantwortung der interessanten Fragestellung bedarf. Der Kontext strukturiert somit den Unterrichtsverlauf und bildet den roten Faden. Zum Verständnis des Kontextes und zur Beantwortung der Leitfrage sind Fachinhalte zwingend notwendig. Jede Beschreibung oder Aufgabe des Materials hat dabei Bezug zum Kontext und ist erforderlich, um diesen zu verstehen. So wird beim Zitteraal die Leitfrage aufgeworfen: Warum lähmen Zitteraale mit den verursachten Stromschlägen den Beutefisch, aber nicht sich selbst? [8]. Anschließend wird der Kontext mit physikalischem Wissen verknüpft, indem zunächst der Stromkreis beim Beutefang des Zitteraals identifiziert wird. Durch die Einführung des elektrischen Widerstands verschiedener Gewebe (Knochen, Fett und Muskel) kann darauffolgend ein Zusammenhang zwischen Stromstärke und Spannung am Zitteraal über den elektrischen Widerstand hergestellt und die Leitfrage beantwortet werden. Wichtig ist bei diesem Ansatz, dass die Fachinhalte am Ende dekontextualisiert werden, um sie auch außerhalb der Kontextumgebung anwenden und auf neue Kontexte transferieren zu können.

Beim fachsystematisch kontextorientierten Ansatz wird hingegen zunächst das physikalische Konzept eingeführt – in diesem Fall der elektrische Widerstand. Kontexte wie der Zitteraal dienen anschließend zur Illustration und verdeutlichen, wo die Fachinhalte zur Anwendung kommen. Die Vielfalt an Beispielen aus dem Alltag soll dabei Einfluss auf das Interesse nehmen.

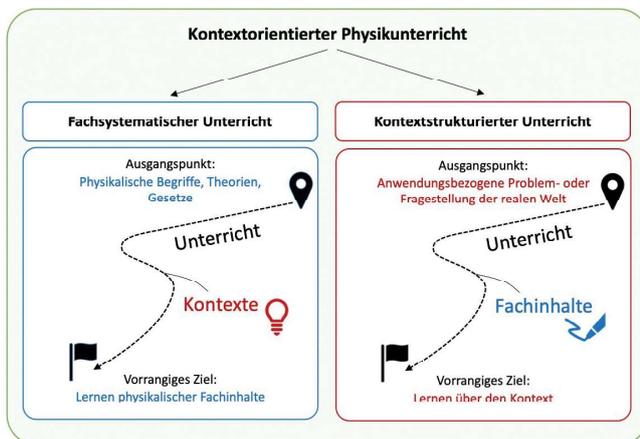


Abbildung 1: Ausprägungen kontextorientierten Unterrichts nach Nawrath [12]

Eine Unterscheidung von fachsystematisch kontextorientiertem und kontextstrukturiertem Unterricht gibt kaum Hinweise auf die methodische oder organisatorische Gestaltung des Unterrichts. Geschlossene Unterrichtsformen sind bei beiden Unterrichtsansätzen genauso möglich wie offene oder fächerübergreifende Elemente sowie unterschiedliche Sozialformen. In EKO dient ein Kontext konsequent zur Erarbeitung eines physikalischen Inhaltes. Die Kontexte sind für den alltäglichen Unterricht angelegt und erfordern keine zu-

sätzlichen methodischen oder organisatorischen Bedingungen. Ihre Dauer bezieht sich auf einzelne Unterrichtsstunden, so dass jeweils ein Kontext pro Buchkapitel bzw. in 45 bis 90 Minuten mit den Kopiervorlagen zu bearbeiten ist. Diese Form der Integration von Kontexten bezeichnet man als Mikrokontexte. Makrokontexte sind hingegen auf eine Durchführung von mehreren Monaten angelegt, methodisch projektähnlich ausgerichtet und beziehen eine Bandbreite von Kompetenzen mit ein [13].

5. Vor- und Nachteile kontextorientierten Unterrichts

Eines der größten didaktischen Potenziale von Kontexten liegt darin, dass Fachwissen und Lebenswelt miteinander verknüpft werden, wodurch die Anwendbarkeit des Gelernten und die Relevanz der Inhalte ersichtlich wird [6]. Mit Hilfe eines in dieser Form gestalteten Physikunterrichts wird bei den Schüler:innen eine naturwissenschaftliche Grundbildung angestrebt, die sie zur verantwortungsvollen Teilhabe am gesellschaftlichen Leben befähigt, indem sie an Diskursen teilnehmen, Sachinhalte kritisch hinterfragen und eigene Lösungswege entwickeln können [14]. Der Einbezug von Kontexten ermöglicht hierzu in besonderem Maße einen Beitrag zu leisten, da der Unterricht über ein rein fachliches Verständnis der Physik hinausgeht. Es wird aufgezeigt, wie die Erkenntnisse der Wissenschaft im Alltag nützen und wie diese mit dem Leben der Menschen zusammenhängen. Für diese als „Literacy“ bezeichnete naturwissenschaftliche Grundbildung benötigen Lernende unter anderem Kompetenzen über naturwissenschaftliche Konzepte, aber auch eine Vorstellung über die Beziehung zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft [15]. Diese Vorstellung können sie durch den Einbezug von Kontexten aus den verschiedenen Interessensbereichen erhalten. Eine positive Einstellung und Offenheit gegenüber Naturwissenschaften können auf diese Weise bestehen bleiben, indem bei den Lernenden eine Neugier und Faszination für die Inhalte entsteht oder Relevanzeinschätzungen stattfinden. Fachliches Wissen wird bei kontextorientierten Ansätzen vorrangig zur Erklärung, zum Verstehen und zur Bewertung von Phänomenen aus der Lebenswelt benötigt und nicht um seiner selbst willen gelernt. Hierdurch wird träges Wissen vermieden [1] und ein Wissenstransfer auf andere Kontexte erleichtert [16]. Durch den Einbezug von Kontexten kommt es zu einer horizontalen und vertikalen Vernetzung der Inhalte, die zu einem besseren Verständnis fachlicher Konzepte beitragen können [16].

Dieses Potenzial kann jedoch nur ausgeschöpft werden, wenn Kontexte nicht als „Feigenblatt“ für rein fachsystematischen Unterricht genutzt oder lediglich in der Motivationsphase des Unterrichts erwähnt werden. In derzeit aktuellen Schulbüchern werden Kontexte vorwiegend in dieser Form integriert, indem sie den Rahmen für Übungsaufgaben bilden oder auf Exkurs-Seiten losgelöst vom Fachinhalt beschrieben werden. Insbesondere der fachsystematisch kontextorientierte

Unterricht setzt voraus, dass die Lernenden bei der zu Beginn eingeführten physikalischen Theorie motiviert sind, um im Anschluss daran die Anwendung zu verstehen. Viele Schüler:innen verlieren jedoch bereits bevor es zur Anwendung kommt das Interesse: Warum ein Konzept lernen, wenn man nicht weiß, wofür? Beim kontextstrukturierten Ansatz kann es vorkommen, dass authentische Kontexte nur vorgetäuscht werden. Diese vorgeblichen Kontexte werden zu Beginn des Unterrichts zur Motivationssteigerung eingesetzt, spielen im weiteren Unterrichtsverlauf jedoch keine Rolle mehr [1]. Das andere Extrem wäre, dass der Kontext zum Hauptbestandteil des Unterrichts wird, wodurch Schüler:innen mehr über den Kontext als über den fachlichen Inhalt lernen [17]. Die Balance zwischen Fachinhalt, Kontext und Dekontextualisierung sowie die Anwendung eines Fachinhalts in multiplen Kontexten, um das Gelernte zu abstrahieren (Stichwort: situiertes Lernen [18]), stellt folglich eine didaktische Herausforderung dar. Die Authentizität des Kontextes muss zudem aus Sicht der Lernenden und nicht aus Sicht der Lehrkraft gegeben sein.

Für Lehrkräfte kann die Einarbeitung in authentische Kontexte ggf. viel Zeit benötigen und die Aufbereitung bedarf angemessener Elementarisierungen. Zudem muss man sich als Lehrkraft bewusst sein, dass neben dem Fachinhalt auch der Kontext zum Thema der Stunde wird. Trotz fortschreitender Entwicklung der Forschung ist mit kontextorientiertem Unterricht häufig die Angst verbunden, dass Kontexte den Unterricht erschweren, vom eigentlichen Fachinhalt ablenken oder nicht in adäquater Zeit bearbeitet werden können. Vor allem in Hinblick auf die Lernleistung wird die Gefahr gesehen, dass lebensweltliche Kontexte vom Inhalt ablenken, irrelevantes Vorwissen aktivieren oder die Vernetzung des Fachwissens stören [19]. Die Elemente des Kontextes können neben den Elementen des Fachinhalts zusätzlich schwierigkeiterzeugend wirken. Die Komplexität und Abstraktheit gilt es daher didaktisch zu reduzieren, ohne das Interesse der Lernenden außer Acht zu lassen.

Kontexte müssen authentisch sein, eine für die Jahrgangsstufe angemessene Komplexität aufweisen, zum physikalischen Inhalt kompatibel sein und gleichzeitig das Interesse der Lernenden berücksichtigen. Die Berücksichtigung der kognitiven Voraussetzungen der Lernenden ist gerade im Anfangsunterricht enorm wichtig, da hier ein grundlegendes Konzeptverständnis angebahnt wird.

Literatur

- [1] Müller, R. (2010). Kontextorientierung und Alltagsbezug. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (2. Aufl., S. 102-119). Cornelsen Scriptor.
- [2] OECD (2023), *PISA 2022 Ergebnisse* (Band I): Lernstände und Bildungsgerechtigkeit, PISA, wbv Media, Bielefeld.
- [3] Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. IPN.

6. Empfehlungen für die Unterrichtspraxis

Vor dem Hintergrund der Unterrichtsmaterialien zu EKO ergeben sich übergeordnete Strukturierungsprinzipien, die eine Orientierung bei der Konzeption kontextorientierten Unterrichts bieten können. Die Empfehlungen sind in Tabelle 3 zusammengefasst [20].

Tabelle 3: Empfehlungen zur Gestaltung kontextorientierten Unterrichts

Für die Auswahl von Kontexten für den Unterricht ist empfehlenswert, ...
<ul style="list-style-type: none"> • die drei Interessensbereiche Technik, Mensch/Natur und Gesellschaft zu berücksichtigen, um im Verlauf einer Unterrichtsreihe alle individuellen Interessen von Lernenden zu beachten (interessendifferenzierter Unterricht). • auf Kontexte zurückzugreifen, für die empirisch belegt ist, dass sie aus Sicht der meisten Lernenden interessant sind (z. B. aus der IPN-, ROSE- oder IDa-Studie). • Kontexte auszuwählen, die Jungen und Mädchen gleichermaßen hoch ansprechen (z. B. Zitteraal, Lügendetektor, Blitze, allgemein: Gefahr für den Körper). • für Kontexte sensibilisiert zu sein, die Mädchen und Jungen unterschiedlich ansprechen (z. B. Frisur und Elektrizität, Körperfettwaage). • Kontexte mit konkreten Fragestellungen in angemessener Komplexität auszuwählen, um diese innerhalb des 45- oder 90-Minuten-Taktes von Unterricht beantworten zu können.
Für die fachdidaktische Konzeption des Unterrichts ist empfehlenswert, ...
<ul style="list-style-type: none"> • eine bewusste Entscheidung für fachsystematisch kontextorientierten oder kontextstrukturierten Unterricht zu treffen, um den Unterrichtsablauf planen zu können: Kontext als Strukturelement oder als methodische Anreicherung des Unterrichts (kann stundenweise variieren). • eine Entscheidung für Mikro- oder Makrokontexte zu treffen, je nachdem, ob die Kontexte im Regelunterricht oder beispielsweise in einer Projektarbeit eingesetzt werden sollen.

Am Projekt EPoEko sind folgende Physikdidaktiker:innen beteiligt: Verena Spatz (Technische Universität Darmstadt), Benedikt Gottschlich und Jan-Philipp-Burde (Eberhard Karls Universität Tübingen), Thomas Wilhelm (Goethe-Universität Frankfurt), Martin Hopf (Universität Wien), Thomas Schubatzky (Universität Innsbruck) und Lana Ivanjek (TU Dresden).

Liza Dopatka *Georg-Büchner-Schule Darmstadt*

- [6] Taasobshirazi, G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*(3), 155-167.
- [7] Gottschlich, B., Burde, J. P., Dopatka, L., Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., Ivanjek, L. (2022). Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Kontexten. Universität Tübingen.
- [8] Dopatka, L., Keursten, F. & Spatz, V. (2020). *Elektrizitätslehre in Kontexten – Band 1 und Band 2* (1. Auflage). Brigg Verlag.
- [9] Häußler, P. & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht - an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaft*, 2(23), 107-126.
- [10] Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *Didaktik*(3), 2-8.
- [11] Dopatka, L., Spatz, V., Burde, J. P., Wilhelm, T., Ivanjek, L., Hopf, M. et al. (2019). Kontexte in der Elektrizitätslehre im Rahmen des Projektes EPo-EKo. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 217-220). Universität Regensburg.
- [12] Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. *Didaktisches Zentrum*.
- [13] Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht: Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 59(5), 13-25.
- [14] Aikenhead, G. S. (1994). What is STS Science Teaching. In J. Solomon & G. S. Aikenhead (Hrsg.), *STS Education International Perspectives on Reform* (S. 47-59). Teacher's College Press.
- [15] Reinhold, P. (2010). Den Physikunterricht fundieren. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (2. Aufl., S. 86-119). Cornelsen Scriptor.
- [16] Nentwig, P. & Waddington, D. (Hrsg.). (2005). *Making it relevant. Context based learning in science*. Waxmann.
- [17] Muckenfuß, H. (2006). *Lernen im sinnstiftenden Kontext: Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts* (1. Aufl.). Cornelsen.
- [18] Parchmann, I. & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 193-207). Springer.
- [19] Park, J. & Lee, L. (2004). Analysing cognitive or non-cognitive factors involved in the process of physics problem-solving in an everyday context. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1577-1595. <https://doi.org/10.1080/0950069042000230767>
- [20] Dopatka, L. (2022). *Konzeption und Evaluation eines kontextstrukturierten Unterrichtskonzeptes für den Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht*. Berlin: Logos.

Alltagsvorstellungen und Unterrichtskonzeptionen

Martin Hopf

1. Can we believe our Eyes?

Es gibt ein ganz berühmtes Video in der Physikdidaktik. Es heißt „Can we believe our Eyes?“ [1]. Von einer Szene aus diesem Film haben wir uns inspirieren lassen und sie in Wien nachgedreht [2]. Dazu haben wir Studierende der TU Wien und der Universität Wien darum gebeten, ein Glühlämpchen (das passend zur Batterie ausgewählt wird) mit einer Batterie und einem Stück Draht zum Leuchten zu bringen (s. Abbildung 1).



Abbildung 1: Aufgabe: Bringe das Lämpchen mit diesen Materialien zum Leuchten!

Dieses Video verblüfft mich immer wieder und immer wieder aufs Neue. Nur ein Teil der Studierenden, ja sogar der Physikstudierenden kann dieses Problem lösen. Viele schließen die Batterie mit dem Draht kurz und halten dann noch einen Pol des Lämpchens an einen Batteriepol. Wir können davon ausgehen, dass die Interviewten wissen, wie ein Stromkreis funktioniert. Sie haben das vielleicht schon in der Volksschule gelernt, sicher aber auf der weiterführenden Schule – in Physik, vielleicht sogar im Werkunterricht. Und die meisten haben das in der Physikvorlesung und im experimentellen Praktikum bearbeitet. Wenn jemand eine Batterie, ein Glühlämpchen und einen Draht nicht zu einem Stromkreis verbinden kann, geht das – zumindest aus unserer Sicht als Physiklehrpersonen – schon ans Eingemachte, oder?

Sie glauben das nicht? Probieren Sie das doch selbst aus! Nehmen Sie eine Batterie, ein Lämpchen und ein Kabel aus der Physiksammlung und gehen Sie damit ins Konferenzzimmer, in eine Supplierstunde, auf die Straße.

2. Wie funktioniert Lernen und was hat das mit dem Stromkreis zu tun?

Im Folgenden soll erläutert werden, weshalb es manchmal so schwer ist, die Ideen der Lernenden zu verändern und weshalb dieses Problemfeld von so entscheidender Bedeutung für den Physikunterricht ist.

Um das besser verstehen zu können, müssen wir uns zunächst überlegen, wie Lernen funktioniert. Das geht gut mit Abbildung 2.



Abbildung 2: Die Dallenbach'sche Figur [2], Original Kapa65, Pixabay

Versuchen Sie zu erkennen, was auf dem Bild ist. Wenn Sie sich jetzt selbst beim Denken beobachten, stellen Sie fest, dass Ihr Gehirn fast krampfhaft versucht, „Sinn zu machen“. Und nein, das ist kein Trick. Auf dem Bild ist eine recht alltägliche Szene zu sehen und sie kennen das abgebildete Objekt. Aber: In der Regel sehen sie nichts, obwohl sie sich wirklich bemühen. Und nein, das ist auch kein „Magisches-Auge-Bild“. Wenn Sie das Bild schon kennen, erinnern sie sich bestimmt noch daran, wie es Ihnen damals ging, bis Sie den Inhalt erkannt haben.

Basierend auf der Erfahrung mit diesem Bild wird auch klar, dass es keine direkte Verbindung zwischen Sinneswahrnehmung und Erkenntnis gibt. Sie haben hier eine klare Sinneswahrnehmung, aber keine Erkenntnis. Der Sinn hinter Sinneswahrnehmungen muss erst gelernt werden. Man sagt, wir müssen den Sinn erst (mit dem Gehirn) konstruieren und man spricht von der konstruktivistischen Auffassung des Lernens.

In aller Kürze:

- Unser Wissen über die Welt wird durch das Gehirn aus Sinneswahrnehmungen konstruiert.
- Die Welt „da draußen“ ist immer eine schon vom Individuum interpretierte Welt, über die wir uns nur kommunikativ „verständigen/einigen“ können.
- Lernende müssen ihr Wissen selbst konstruieren.
- Das meint aber **nicht** handwerkliche Tätigkeit, sondern geistiges Konstruieren. (Leider findet man in der schulbezogenen Literatur immer wieder eine Verwechslung von Hands-On mit konstruktivistischem Unterricht.) Das meint aber auch **nicht** völlig offenes und eigenverantwortliches Lernen. Es ist die Aufgabe der Lehrperson, eine Lernumgebung zu gestalten, durch die die Lernenden zur Konstruktion von Wissen geführt werden.

Das Gute ist, dass wir das ziemlich gut können. Unser Gehirn ist eine mächtige mustererkennende Maschine.

3. Alltagsvorstellungen

Aber beim Physikunterricht ist unsere Begabung für Mustererkennung eine Herausforderung. Schließlich beschäftigen wir uns in der Physik mit den Dingen des Alltags und versuchen, den Schüler:innen Zusammenhänge (also Muster!) zu vermitteln. Aber diese beginnen ja nicht erst im Physikunterricht, über die Muster des Alltags nachzudenken. Viele Erklärungen über physikalische Aspekte und Zusammenhänge haben Kinder und Jugendliche von Eltern oder anderen Bezugspersonen übernommen, aus Medien gehört oder sich selbst zusammengereimt. Aber – wie wir am Anfang im Video gesehen haben – mit plausiblen, aber falschen Erklärungen. Es hat sich eingebürgert, solche Ideen „Alltagsvorstellungen“ oder „Schüler:innenvorstellungen“ zu nennen [3].

Und wie die fachdidaktische Forschung der letzten 50 Jahre eindrucksvoll gezeigt hat, gibt es sehr, sehr viele solcher Alltagsvorstellungen zu allen physikalischen Themen. Wichtig ist dabei aber zu wissen, dass es nicht so ist, dass Schüler:innen die in den Lehrbüchern und Zeitschriftenartikeln beschriebenen Alltagsvorstellungen wörtlich so denken oder sagen würden. Diese Alltagsvorstellungen sind – wie Schecker und Duit es nennen – **Als-Ob-Vorstellungen** [3]. Das bedeutet: Schüler:innen antworten und handeln so, als ob sie eine entsprechende Alltagsvorstellung im Kopf hätten. Die Alltagsvorstellungen sind also ein Hilfsmittel für uns Physiklehrkräfte, das Lernen und Denken von Lernenden besser verstehen zu können.

In Kürze:

- Schüler:innen kommen nicht als leere, unbeschriebene Blätter in den Physikunterricht, auf die man als Lehrkraft physikalisches Wissen „schreibt“.
- Die Lernenden bringen vielmehr ein reiches Inventar an Vorstellungen zu physikalischen Begriffen und Phänomenen

mit, die sich bei ihnen im umgangssprachlichen Gebrauch bewährt haben.

- Die Alltagsvorstellungen liegen häufig quer zum entsprechenden physikalischen Verständnis.
- Man kann im jeweiligen Themenbereich einen großen Teil der Handlungen und Aussagen der Lernenden auf das Wirken einer begrenzten Menge typischer Vorstellungen zurückführen.

Lassen Sie uns das an ein paar Beispielen genauer erläutern.



Abbildung 3: „Zieh Dir Socken an!“ (Bild: Pixabay, ilonaarosal01)

Kinder hören ab frühester Kindheit, dass sie Socken oder Patschen anziehen sollen, damit die Füße nicht kalt werden (s. Abbildung 3). Überlegen Sie doch einmal, welche Alltagsvorstellung daraus in den Köpfen der Kinder und Jugendlichen vermutlich entstanden ist.

Natürlich, Kinder haben gelernt, dass Wolle warm macht. Etwas allgemeiner: Viele ihrer Schüler:innen ordnen Materialien die Eigenschaften „warm“ oder „kalt“ zu. Wolle, Styropor, Holz sind „warm“, Eisen, Fliesen, Glas sind „kalt“. Das kann den Unterricht zu Wärmetransportphänomenen behindern: Stellen Sie sich eine Aktivität vor, in der Lernende einen Eiswürfel so verpacken sollen, dass er möglichst lange nicht schmilzt. Dazu würden diese nie Wolle verwenden. Wolle ist ja „warm“ und aus Sicht der Lernenden ungeeignet. Stattdessen ist die Verwendung von „kalten“ Materialien wie zum Beispiel Alufolie zu erwarten.



Abbildung 4: Das Auto bekommt Schwung. (Bild: Pixabay, DayronV)

Ein anderes Beispiel: Im Umgang mit Spielzeugautos lernen Kinder sehr früh, dass man einem Auto „Schwung“ mitgeben kann (s. Abbildung 4).

Wenn der „Schwung“ verbraucht ist, bleibt das Auto stehen. Im Unterricht zur Mechanik müssen sie also damit rechnen, dass Lernende davon ausgehen, dass eine Bewegung eine Kraft benötigt, um aufrecht erhalten zu werden. Und wenn wir versuchen zu vermitteln, dass eine Bewegung unverändert so lange weitergeht, bis eine äußere Kraft wirkt, muss das für Schüler:innen ziemlich ungläubwürdig wirken. Ihre bewährtes Wissen aus dem Alltag sagt ihnen etwas ganz anderes als die Physiklehrer:in. Wir messen uns also mit dem „Hausverstand“ im Physikunterricht. Das ist eine ziemliche Herausforderung. Und das müssen wir bei der Planung des Unterrichts berücksichtigen. Es steht auch explizit so im neuen Lehrplan. Also: Alltagsvorstellungen sind recht stabil gegen Versuche, sie durch Unterricht zu verändern. Sie müssen daher bei der Unterrichtsplanung nachdrücklich berücksichtigt werden.

4. Konsequenzen für den Physikunterricht

Zunächst müssen wir uns dabei klarmachen, dass es nicht möglich ist, die Alltagsvorstellungen der Lernenden zu eliminieren. Dazu sind diese viel zu stark verankert. Und wenn wir genau aufpassen, stellen wir fest, dass wir selbst ganz oft auf Alltagsvorstellungen zurückgreifen, um Dinge oder Vorgänge im Alltag zu beschreiben. Aber wir haben gelernt, in welcher Situation wir welche Beschreibung verwenden müssen. Das ist es, was wir den Schüler:innen vermitteln müssen. Es geht nicht darum, die Alltagsvorstellungen auszuradieren. Das geht nicht. Es geht immer nur darum zu erkennen, dass es neben einer Alltagsvorstellung auch eine andere Vorstellung gibt, die wir als physikalisch besser betrachten. Wichtig ist dabei, dass Schüler:innen zum einen erkennen, dass eine physikalische Beschreibung der Welt Vorteile hat: Mit ihr kann man plötzlich Dinge erkennen oder beschreiben, die mit der Alltagsvorstellung nicht zugänglich waren. Also zum Beispiel: Wenn ich verstanden habe, dass von einem Gegenstand, den ich sehe, Licht kommen muss, kann ich verstehen, warum ich den blauen Himmel sehe – das Licht muss dort gestreut werden. Und zum anderen muss man lernen, dass es im Physikunterricht (und in vielen anderen Situationen auch) angemessener ist, die physikalische Vorstellung zu verwenden („die Physikbrille aufzusetzen“) und eben nicht mit dem Hausverstand zu argumentieren.

Um als Lehrperson Alltagsvorstellungen bei der Planung und Durchführung von Unterricht zu berücksichtigen, gibt es im Wesentlichen zwei verschiedene Vorgehensweisen: die diskontinuierliche und die kontinuierliche Strategie.

4.1 Diskontinuierliche Strategie

Bei der diskontinuierlichen Strategie geht es darum, Lernenden klar zu machen, dass ihre Idee von einem Vorgang nicht stimmen

kann. Das setzt voraus, dass in einem ersten Schritt zunächst darüber gesprochen wird, was denn die Alltagsvorstellung ist. Danach geht es dann darum, einen „kognitiven Konflikt“ zu erzeugen. Das ist der Anlass dafür, die physikalisch angemessene Erklärung zu erarbeiten und ihre Vorhersagekraft zu erkennen. Ein Beispiel dafür: Wie wir oben gesehen haben, glauben Schüler:innen an „kalte“ und „warme“ Materialien. Um das zu bearbeiten, wird folgendes Problem gestellt: Ein Eiswürfel wird so eingepackt, dass er möglichst lange nicht schmilzt. Dazu werden gleich große Eiswürfel in verschiedene Materialien eingepackt, z. B. in Wolle und in Alufolie. Viele Lernende werden davon ausgehen, dass der in Wolle eingepackte Eiswürfel rascher schmilzt als der andere. Diese Erwartung wird auch gemeinsam besprochen. Das Experiment zeigt dann etwas anderes. Aus diesem Konflikt heraus kann erarbeitet werden, dass es um die Isolierwirkung von Materialien geht. Etwas allgemeiner gesprochen: Die P-O-E-Strategie hilft beim Umgang mit Alltagsvorstellungen. Im ersten Schritt (**Predict**) werden die Lernenden aufgefordert, die Erwartungen zum Ausgang eines Experiments zu formulieren. Das sollte wirklich schriftlich passieren, um den kognitiven Konflikt zu erhöhen. Im zweiten Schritt (**Observe**) geht es darum, das Experiment möglichst genau zu beobachten und herauszufinden, was wirklich passiert. Im dritten Schritt (**Explain**) wird dann gemeinsam eine Erklärung erarbeitet.

Bei der Verwendung der diskontinuierlichen Strategie für den Umgang mit Alltagsvorstellungen ist es von großer Bedeutung, dass die Lernenden wirklich einen Konflikt erleben. Das setzt viel Geschick seitens der Lehrperson voraus. Wichtig ist hier, dass im Unterricht genügend Zeit dafür eingeplant wird, damit der Konflikt wirklich zu Tage treten kann. Eine Gefahr besteht in dieser Strategie darin, dass der Konflikt nicht bei allen Schüler:innen ausgelöst wird, da – im Sinne konstruktivistischen Lernens – jedes Individuum den Konflikt individuell erkennen muss. Wird aber Schüler:innen nicht klar, dass es einen Konflikt gibt, besteht die Gefahr, dass deren Alltagsvorstellungen sogar noch gestärkt werden.

4.2 Kontinuierliche Strategie

Als Alternative bietet sich ein kontinuierliches Vorgehen an. Dabei wird zunächst sorgfältig analysiert, welche Vorstellungen vorhanden sein könnten. Dann wird überlegt, welche davon sich zu angemessenen Vorstellungen weiterentwickeln lassen. Im Unterricht wird dann versucht, Situationen zu schaffen, in denen die gewünschte Vorstellung bzw. die gewünschte Regel aktiviert wird. Daraus wird dann das physikalische Konzept entwickelt.

Ein Beispiel zum Lernen der Newtonschen Mechanik: Wir wissen, dass der Begriff der Beschleunigung sehr schwer zu verstehen ist und – wie gerade diskutiert – Lernende sehr oft einen Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Kraft vermuten.

Wenn man im Physikunterricht mit einer kontinuierlichen Strategie arbeitet, können diese Schwierigkeiten vermieden werden. Dazu wird an die Regel „von nichts kommt nichts“ angeknüpft. Dazu eignet sich ein Stoßversuch mit Kugeln. Eine Kugel rollt auf einem Tisch von links nach rechts. Senkrecht dazu wird die Kugel mit einem Holzklötz gestoßen [4]. Man kann hieran mit Schüler:innen sehr gut erarbeiten, dass durch den Stoß zur Anfangsgeschwindigkeit der Kugel eine Zusatzgeschwindigkeit hinzugefügt wird. Ohne Stoß würde nichts passieren („von nichts kommt nichts“). Auf diese Weise wird bei den Schüler:innen die Vorstellung angelegt, dass eine Einwirkung von außen mit einer Zusatzgeschwindigkeit in Verbindung steht. Daraus kann dann im Weiteren recht einfach das zweite Newton'sche Gesetz entwickelt werden. Mehr Details zu dieser Konzeption erfahren Sie in der MOOC-Lektion zur Mechanik in der dritten Klasse.

Kontinuierliche Strategien für den Umgang mit Alltagsvorstellungen haben sich nach unserer Erfahrung im Physikunterricht besser bewährt als diskontinuierliche Strategien. Wir empfehlen dringend, zunächst mit kontinuierlichen Strategien zu arbeiten. Erst wenn diese – auch nach mehrmaligen Durchläufen – nicht gut funktioniert haben, sollte man diskontinuierliche Strategien in Betracht ziehen.

5. Unterrichtskonzeptionen

Manchmal ist es recht aufwändig, anschlussfähige Regeln oder Vorstellungen zu identifizieren. Dazu gibt es aber schon sehr viele Vorüberlegungen und Vorschläge aus der fachdidaktischen Forschung und Entwicklung. Viele der dabei entwickelten Unterrichtskonzeptionen basieren auf kontinuierlichen Strategien zum Umgang mit Alltagsvorstellungen. Bei empirischen Überprüfungen haben sich solche Unterrichtskonzeptionen durchgängig als sehr lernwirksam erwiesen. Zu den meisten dieser Unterrichtskonzeptionen existieren ausgearbeitete Unter-

richtsmaterialien wie Lerntexte, Arbeitsblätter u. v. m. Der neue Lehrplan empfiehlt den Einsatz solcher lernwirksamer Unterrichtskonzeptionen. Im Folgenden finden sie einen kurzen Überblick über Unterrichtskonzeptionen, die überwiegend auf einer kontinuierlichen Unterrichtsstrategie aufgebaut sind und zum Lehrplan passen. Die Verwendung dieser Unterrichtskonzeptionen wird nachdrücklich empfohlen, um den Physikunterricht an den Alltagsvorstellungen der Lernenden zu orientieren. Einen Überblick über die meisten im deutschen Sprachraum entwickelten Unterrichtskonzeptionen liefert [5].

Tabelle 1: Überblick über Unterrichtskonzeptionen

Name	Kernidee	Quelle
Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzeption für die Sekundarstufe I	Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzept, Lichtbündel	z. B. C. Haagen-Schützenhöfer: Anfangsunterricht zum Sehen und Hören – fachdidaktische Grundideen“, im vorliegenden Heft
Kraftstoß-Konzept in der Sekundarstufe I	Stöße als Paradigma für eine Wechselwirkung, Betrachtung bei zweidimensionalen Bewegungen	z. B. M. Hopf: Physikdidaktik als nutzerorientierte Grundlagenforschung. Plus Lucis 01/2009
Elektronengasmodell	Luftdruck als Analogie für elektrisches Potenzial	z. B. J.-P. Burde, T. Wilhelm: Mit elektrischem Druck die Spannung verstehen lernen. Plus Lucis 01/2015
Elektromagnetische Strahlung	phänomenorientierte Einführung zur nicht-sichtbaren elektromagnetischen Strahlung	z. B. Th. Plotz, S. Zloklikovits: Elektromagnetische Strahlung unterrichten. Plus Lucis 02/2019

Martin Hopf *Universität Wien, Physikdidaktik*

Literatur

- [1] Schneps, M. H. & Sadler, P. M. (1997). Minds of our own: Can we believe our eyes. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA.
- [2] Dallenbach, K. M. (1951). A puzzle-picture with a new principle of concealment. *The American Journal of Psychology*, 64, 431–433. <https://doi.org/10.2307/1419008>; die Auflösung findet man an vielen Stellen im Internet, z. B. https://media.kswillisau.ch/nt/ws_sehen/wahr12.html
- [3] Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (2018). *Schülvorstellungen und Physikunterricht*. Springer: Sie können auch im Online-Selbstlernkurs (MOOC) zum neuen Lehrplan mehr Details nachhören.
- [4] Das können Sie auch online machen: <https://www.thomas-wilhelm.net/stoss.html>
- [5] Wilhelm, T., Schecker, H. & Hopf, M. (Hrsg.) (2021). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht*. Heidelberg: SpringerSpektrum, s. auch: <https://aeccp.univie.ac.at/lehrer-innen/unterrichtskonzeptionen/>

Zwischen Emotionen, Fachwissen und Politik

Wie kann mit Lernenden sinnvoll im Kontext „Klimawandel“ diskutiert werden?

Matthias Fasching, Thomas Schubatzky und Sarah Wildbichler

1. Einführung

Der Klimawandel hat als Thema inzwischen Eingang in viele Lehrpläne naturwissenschaftlicher Fächer gefunden. Im neuen österreichischen Lehrplan für die Sekundarstufe I wird er etwa in Biologie und Umweltbildung, Geografie und wirtschaftlicher Bildung sowie in Physik als Anwendungsbereich bzw. Kompetenzbereich genannt [1]. Eine umfassende Klimabildung, die im Umgang mit der Klimakrise notwendig ist und nicht nur durch Lehrpläne, sondern auch von internationalen Organisationen (z. B. [2]) unterstützt wird, verfolgt vielfältige Ziele. So sollen Lernende zum Handeln in der Klimakrise befähigt werden, und zwar durch Wissen, Fähigkeiten, Werte und Einstellungen [2,3]. Der Begriff Handeln inkludiert dabei sowohl individuelles als auch kollektives Handeln, in lokalen und globalen Kontexten [3].

Wesentliche Zielbereiche des Handelns sind Mitigationsstrategien, also Versuche, den Klimawandel durch Maßnahmen einzudämmen, und Adaptionsstrategien, also Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels [2,3]. Da wirkungsvolle Mitigation und Adaption ein kollektives Handeln voraussetzen, müssen Schüler:innen in Form einer wirksamen Klimabildung darauf vorbereitet werden, diesbezügliche Maßnahmen zu verstehen, sich daran zu beteiligen und sie zu initiieren. Klimabildung muss also politische Bildung mit einbeziehen [4]. Dabei ist es hilfreich, didaktische Prinzipien und Methoden der politischen Bildung auch im naturwissenschaftlichen Unterricht zu nutzen. Schließlich sind es oft nicht die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels, die im öffentlichen Diskurs kontrovers diskutiert werden, sondern (daran anknüpfende) Maßnahmen zur Mitigation und Adaption [4]. Solche Maßnahmen stellen kollektive Entscheidungsdilemmata dar, die sich durch sachliche, ethisch-moralische und gesellschaftliche Komplexität auszeichnen [5].

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht stellen diese Zielsetzungen eine Herausforderung dar, da er sich traditionell eher an der Vermittlung von Fachwissen, Konzeptwissen und naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen orientiert. Damit findet im naturwissenschaftlichen Unterricht zumeist eine andere Art von Lernen und Lehren statt als in einer umfassenden Klimabildung gefordert. Dort spielen nämlich auch Aushandlungsprozesse über Mitigations- und Adaptionsmaßnahmen eine wesentliche Rolle, in denen Argumente analysiert und bewertet werden, um begründete Entscheidungen treffen zu können [6].

Als Unterstützungsangebot für das Diskutieren im naturwissenschaftlichen Unterricht möchten wir diese Seiten daher nutzen, um zunächst die Rolle von Emotionen und Faktenwissen beim Diskutieren im Kontext „Klimawandel“ zu beleuchten. Außerdem formulieren wir Vorschläge für mögliche Zielsetzungen des Diskutierens im Unterricht inklusive dazu passender Methoden. Abschließend stellen wir eine Auswahl an didaktischen Prinzipien der ethischen und politischen Bildung vor, die für die Diskussion von Mitigations- und Adaptionsmaßnahmen besonders hilfreich sind.

2. Diskutieren im Kontext „Klimawandel“

Die Thematisierung des (anthropogenen) Klimawandels muss also mit der Thematisierung von Mitigations- und Adaptionsmaßnahmen einhergehen und geht damit automatisch über die reine Vermittlung von naturwissenschaftlichem Fakten- und Konzeptwissen hinaus. Es gilt, Strategien der Mitigation/Adaption einerseits kennenzulernen und andererseits zu diskutieren, sodass in einem Gespräch Argumente, aber auch (begründete) Ansichten und Meinungen ausgetauscht werden [4].

2.1 Die Rolle von Emotionen beim Diskutieren im Kontext „Klimawandel“

Es ist klar, dass (so wie auch bei fachlichem Lernen) Emotionen von Lernenden und Lehrenden einen großen Einfluss darauf haben, inwiefern eine geeignete Atmosphäre als Grundvoraussetzung gelungener Diskussionen geschaffen werden kann. Dafür erscheint es jedenfalls sinnvoll, als Lehrkraft eine Idee davon zu haben, mit wem Jugendliche typischerweise über das Thema Klimawandel diskutieren, wie sie sich dabei fühlen und was Jugendlichen dabei besonders wichtig ist.

Dazu betrachten wir eine sehr aktuelle und umfassende Studie von Jones & Lucas [7] mit 1943 Jugendlichen im Alter von 15 bis 19 Jahren, die zu ihren Gefühlen rund um Klimawandel-Diskussionen befragt wurden. An erster Stelle wurden die Jugendlichen dabei gefragt, mit wem sie generell über den Klimawandel diskutieren (siehe Abbildung 1).

Einige Ergebnisse in Abbildung 1 sind sicher nicht überraschend, etwa, dass Jugendliche zum größten Teil mit ihren Freund:innen oder nahen Verwandten über ihre Emotionen sprechen. Klar wird aus dieser Abbildung jedenfalls auch, dass eben genau Lehrkräfte neben den Freund:innen und engsten Verwandten

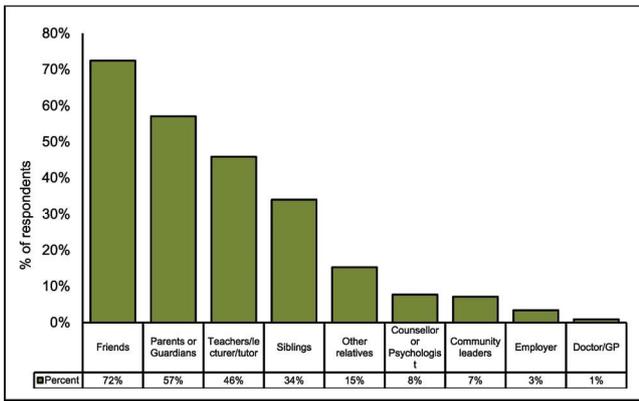


Abbildung 1: Prozentsatz der befragten Jugendlichen bezüglich der Personengruppen, mit denen sie über ihre Gefühle bezüglich des Klimawandels sprechen [7, CC-BY SA]

von Jugendlichen die wichtigste Personengruppe sind, mit der Emotionen geteilt werden. Auf Basis der Ergebnisse hier könnte man sogar die Behauptung aufstellen, dass Lehrkräfte neben dem engsten Umfeld die einzige Personengruppe sind, mit der Jugendliche überhaupt ihre Gefühle sprechen.

Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass Lehrkräfte eine wichtige Rolle dabei spielen, jungen Menschen im Umgang mit dem Klimawandel zu helfen [8,9]. So konnte Ojala [10] beispielsweise zeigen, dass die Wahrnehmung von Schüler:innen über den Kommunikationsstil ihrer Lehrkräfte Einfluss darauf hatte, wie Schüler:innen mit dem Klimawandel umgingen. Insbesondere stellte sie fest, dass junge Menschen weniger wahrscheinlich umweltbewusstes Verhalten an den Tag legten, wenn Lehrpersonen die Gefühle junger Menschen nicht ernst nahmen oder keine konstruktive Hoffnung förderten [10].

Deshalb scheint es zentral zu sein, als Lehrkraft eine Idee davon zu haben, welche Gefühle Jugendliche typischerweise mit in den Unterricht bringen. In Abbildung 2 ist dargestellt, wie sich Jugendliche fühlen, wenn sie mit gleichaltrigen, jüngeren oder älteren Personen über den Klimawandel sprechen [7]. Auffallend ist dabei ganz besonders, dass im Gespräch mit älteren Personen, insbesondere also Lehrpersonen, vor allem das Gefühl des Verrats überwiegt. Auch in einer Studie von

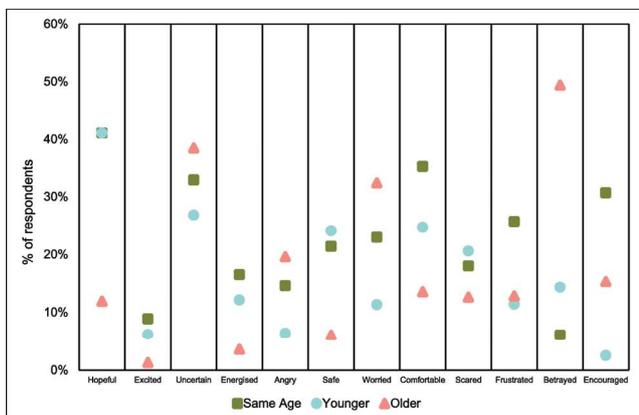


Abbildung 2: Gefühle Jugendlicher, wenn sie über den Klimawandel mit unterschiedlichen Personengruppen sprechen [7, CC-BY SA]

Hickmans [11] wurden diese Gefühle des Verrats gegenüber älteren Generationen deutlich. Lawson et al. [12] stellen fest, dass junge Menschen nicht von Überlegungen über ihre Zukunft ausgeschlossen werden sollten und einflussreiche Fürsprecher:innen für ihre eigene und zukünftige Generationen sein können. Emotionale Reaktionen, sowohl auf die Klimakrise selbst als auch auf das Versagen älterer Generationen zur Bewältigung derselben, sind daher bei jungen Menschen besonders ausgeprägt, da ihr Gefühl emotionaler Sicherheit eng mit der Sicherheit und dem Schutz verbunden ist, die ihnen Erwachsene bieten [13].

In der Studie von Jones & Lucas [7] wurden die Schüler:innen auch dazu gefragt, was ihnen in Diskussionen besonders wichtig ist, um die eben genannten Gefühle zu überwinden oder gewinnbringend zu nutzen. Diese fünf Aspekte sind in Tabelle 1 mit einer kurzen Erläuterung dargestellt.

Tabelle 1: Schlüsselthemen der offenen Textantworten auf die Frage „Was ist Ihnen wichtig, wenn Sie mit anderen Menschen darüber sprechen, wie Sie über den Klimawandel denken?“ [7]

Aspekt	% der Rückmeldungen	Beschreibung
Ernst genommen und inkludiert	14,7 %	Anstatt als überreagierend abgetan und diskreditiert zu werden, wollten die Befragten bestätigt und mit ihren Beiträgen ernst genommen werden.
Gemeinsames Verständnis über Wissenschaft sowie räumliche und zeitliche Dringlichkeit	30,0 %	Die Befragten wollten mit ihren Gesprächspartner:innen ein gemeinsames Verständnis der Wissenschaft und der Schwere des Klimawandels haben und äußerten ihre Besorgnis über räumliche und zeitliche Dringlichkeiten.
Diskussionen als Anlass, aktiv zu werden	26,7 %	Gespräche, in denen es um Gefühle zum Klimawandel geht, könnten für die Befragten auch eine Gelegenheit sein, andere aufzuklären und zum Klimaschutz zu ermutigen.
Respekt, Sicherheit und Offenheit	12,2 %	Die Jugendlichen wollten Sicherheit, Aufgeschlossenheit und Respekt sowohl geben als auch empfangen, wenn sie über ihre Gefühle zum Klimawandel sprachen.
Räume für gemeinsamen Ausdruck und Überwindung von Einsamkeit	11,3 %	Es war wichtig, über Gefühle bezüglich des Klimawandels zu sprechen, um das Gefühl der Einsamkeit und Isolation der Befragten herauszufordern und Räume für den gemeinsamen Ausdruck schwieriger Emotionen zu schaffen.

Insgesamt kann somit festgehalten werden, dass es in Diskussionen rund um das Thema Klimawandel und Klimakrise besonders darum geht, empfundene Emotionen und auch potenzielle Umweltängste anzuerkennen und ernst zu nehmen, aber gleichzeitig auch Raum dafür zu schaffen, diese gemeinsam zu überwinden [14].

Die Berücksichtigung der Emotionen erlaubt an erster Stelle eine angenehme Diskussionsatmosphäre zu schaffen, um überhaupt in vertiefte Diskussionen einsteigen zu können. Weiterführend gilt es darüber hinaus zu klären, welche

Faktoren für eine reichhaltige, gewinnbringende Diskussion zu berücksichtigen sind und welche Kompetenzen Schüler:innen dazu benötigen.

2.2 Die Rolle fachlichen Wissens beim Diskutieren im Kontext „Klimawandel“

Häufig wird als wichtige Voraussetzung für das Diskutieren im Unterricht die Rolle des Fachwissens betont. Es müsse demnach vorab ausreichend Fachwissen zu einem Thema vermittelt werden, um angemessen und fundiert darüber diskutieren zu können. Weniger oft wird als Voraussetzung hingegen thematisiert, ob Schüler:innen den thematischen Kontext verstehen oder ob sie bereits Diskussionserfahrungen gesammelt haben. Alle drei genannten Aspekte haben einen Anteil daran, ob Schüler:innen ihre Meinungen und Einstellungen angemessen artikulieren können [15].

Die Studienlage gibt Hinweise darauf, dass ein positiver Zusammenhang zwischen Fachwissen und Argumentationsfähigkeit zwar vorhanden, aber nicht linear, sondern abgestuft ist [16]. Damit sich Schüler:innen demnach erfolgreich an Diskussionen beteiligen können, müssen sie eine erste notwendige Stufe erreichen: die Kenntnis jener fachlichen Grundbegriffe und -konzepte, die für das entsprechende Thema relevant sind. Fehlen diese grundsätzlichen Informationen, ist der Inhalt der Diskussion für die Schüler:innen schlicht nicht erschließ- und nachvollziehbar. Darüber hinaus wirkt sich die Vermittlung von zusätzlichem Fachwissen aber erst dann positiv auf die Argumentationsfähigkeit aus, wenn die Diskutant:innen in einer nächsten „Wissensstufe“ fachliche Informationen stärker vernetzt organisieren und interpretieren können [16].

Demnach gilt es für Lehrpersonen bei der Planung von Diskussionen zu entscheiden, welche Grundbegriffe und -konzepte tatsächlich für das Argumentieren in einem bestimmten Themenbereich relevant sind und welche wiederum nicht. Die relevanten Aspekte sollten kurz, prägnant und unter Berücksichtigung der gängigen Schüler:innenvorstellungen vermittelt werden. Durch eine Anwendungsaufgabe können das Verständnis der Schüler:innen geprüft und eventuelle Unklarheiten ausgeräumt werden. Anschließend gilt es, in den konkreten Kontext der Diskussion überzuleiten [15].

2.3 Die Rolle von Zielsetzungen beim Diskutieren im Kontext „Klimawandel“

Diskussionen über Mitigations- und Adaptionenmaßnahmen sowie deren inhaltliche Vorbereitung können im Unterricht durchaus auch genutzt werden, um neue naturwissenschaftliche Konzepte zu erschließen. Neben entsprechenden fachlichen Lehr- und Lernzielen und der Anerkennung von Emotionen und Umweltängsten der Schüler:innen sollte in Diskussionen jedoch auch angestrebt werden, dass ihre Argumentationsfähigkeiten gefördert werden.

Sowohl zum Begründen der eigenen Position als auch beim Kritisieren anderer Meinungen benötigen Schüler:innen eine gute Argumentation. Ein hilfreiches Werkzeug für die strukturierte Analyse von Argumentationen stellt dabei das Modell von Toulmin [17] dar. Die daraus abgeleiteten und in Tabelle 2 angeführten Leitfragen können im Unterricht genutzt werden, um Schüler:innen bei der Entwicklung von Argumentationen zu unterstützen oder um fehlende Bestandteile von Argumentationen zu identifizieren.

Tabelle 2: Leitfragen zur Entwicklung und Prüfung von Argumentationen [17,18]

Bestandteil	Leitfrage
Behauptung	Gibt es in der Argumentation eine Behauptung?
Fakten	Wird die Behauptung durch Fakten wie empirische Daten oder theoretische Überlegungen gestützt?
Erläuterung	Gibt es eine explizite Erläuterung des Zusammenhangs zwischen Fakten und Behauptung?
Gegenbehauptung	Gibt es mögliche Gegenbehauptungen?
Einwände	Welche Einwände gibt es gegen die Fakten oder Erläuterungen?
Einschränkungen	Welche Einschränkungen gibt es für Fakten, Erläuterungen, Einwände und Behauptungen?

Werden Diskussionen im Kontext „Klimawandel“ im Unterricht durchgeführt, gilt es dann auch Lehr- und Lernziele zum fundierten Argumentieren anzustreben. Diese können sich auf die Begründung der eigenen Standpunkte zu Mitigations- und Adaptionenmaßnahmen (z. B. „Die Schüler:innen können den Zusammenhang zwischen Fakten und ihrer Behauptung sowie mögliche Einschränkungen erläutern“), aber auch auf die kritische Prüfung der Argumentationen anderer Personen beziehen (z. B. „Die Schüler:innen können mögliche Einwände gegen den Zusammenhang zwischen Fakten und Behauptung erläutern“).

Die beschriebenen Ziele erfordern in der Unterrichtsplanung die Vorbereitung von Lernprozessen, die insbesondere auch zu Kommunikation und Reflexion animieren. Hilfreich ist es hierbei, zwischen Tiefen- und Sichtstruktur des Unterrichts zu unterscheiden. Zur Sichtstruktur zählen konkrete Sozialformen, Medien, Aufgaben oder Methoden-Werkzeuge. Die Tiefenstruktur beschreibt hingegen, welche Lernschritte in welcher Abfolge durchlaufen werden sollen, um ein Lernziel zu erreichen [19].

Generell ist es empfehlenswert, bei der Unterrichtsplanung zuerst die Tiefenstruktur festzulegen, um im Anschluss eine entsprechende Sichtstruktur zu entwickeln. Für beide Strukturen gibt es zahlreiche Vorschläge in der Literatur, auf deren Basis in Tabelle 3 sowohl mögliche tiefenstrukturelle Unterrichtsverläufe beschrieben als auch methodische Umsetzungsmöglichkeiten für die Sichtstruktur genannt werden. Genauere Informationen zu den Methoden sind in der online verfügbaren „Methoden-Kiste“ der Bundeszentrale für politische Bildung [20] zu finden.

Tabelle 3: Tiefenstrukturmodelle für das Diskutieren im Unterricht [19] und methodische Umsetzungsmöglichkeiten für die Sichtstruktur [20]

Ziel der Tiefenstruktur	Schritt	Ablauf der Tiefenstruktur	Mögliche Sichtstruktur (mehr Informationen online in der „Methoden-Kiste“ der BPB [20])
(Persönliche) Entwicklung	1	Darstellung eines Dilemmas in Bezug zu naturwissenschaftlichen, sozialen, politischen, moralischen Fragestellungen	Bildkartei, Impulse
	2	Konfrontation der Schüler:innen mit kontroversen unterschiedlichen Positionen innerhalb des Dilemmas	Vier-Ecken-Methode
	3	Schüler:innen präsentieren Argumente, nachdem sie sich mit Beispielen unterschiedlicher Positionen auseinandergesetzt haben.	Informationsrecherche, Informationsbeschaffung, Argumentations-Map, Schaubilder
	4	Analyse verschiedener Schüler:innenargumente im Hinblick auf Umkehrbarkeit, Differenziertheit, Komplexität und eingenommener Rolle	Rotierendes Partner:innengespräch
	5	Reflexion über Veränderungen bezüglich Meinungen, Werte und/ oder Fachwissen	Positionslinie
Entwicklung von Werthaltungen	1	Aktuelle Werthaltungen werden anhand von Leitfragen geklärt.	Meine Visitenkarte, Impulse
	2	Aktuelle Werthaltungen werden hinterfragt, mögliche Änderungen der Werthaltungen werden entwickelt.	Thesen-Methoden und Spiele
	3	Änderungen der Werthaltungen werden mit „alten“ Haltungen verglichen, bewertet und gegebenenfalls übernommen.	Mind-Map
	4	Neu aufgestelltes Wertesystem wird angewandt.	
Verhandeln	1	Entdecken einer Meinungsverschiedenheit	Bildkartei, Impulse
	2	Definition eines inhaltlichen, örtlichen und zeitlichen Diskussionsrahmens	
	3	Erkundung der Meinungsverschiedenheit mit Augenmerk auf Differenzen und Eingrenzung der Meinungsverschiedenheit mit Augenmerk auf Übereinstimmungen	VierEckenMethode, Positionslinie, Pro und Contra-Debatte
	4	Vorbereitung der abschließenden Verhandlung der Meinungsverschiedenheit	Informationsrecherche, Informationsbeschaffung, Argumentations-Map
	5	Abschließende Verhandlung der Meinungsverschiedenheit, Festhalten des Ergebnisses und Festlegen der Umsetzungsform des Ergebnisses	Pro und Contra-Debatte, Streitlinie, Fish-Bowl-Methode
	6	Umsetzung des Ergebnisses	

1.4 Die Rolle ethischer und politischer Aspekte beim Diskutieren im Kontext „Klimawandel“

Debatten über strukturelle Klimaschutzmaßnahmen oder Klimaschutzbewegungen können für Lehrpersonen naturwissenschaftlicher Fächer, insbesondere hinsichtlich der darin enthaltenen politischen und ethischen Aspekte, ungewohnt sein. Es stellt sich beispielsweise die Frage, wo eine wünschenswerte

Konfrontation der Schüler:innen mit „neuen“ Perspektiven auf ein Thema aufhört und wo die problematische Indoktrination für persönliche oder politische Anliegen beginnt. Ein Blick in die Fachdidaktiken der Ethik und politischen Bildung schafft Orientierung. Dort werden für die Unterrichtspraxis bestimmte Handlungsprinzipien vorgeschlagen, die in Tabelle 4 zusammengefasst sind.

Tabelle 4: Ausgewählte didaktische Prinzipien der Ethik und politischen Bildung [21,22]

Fragestellung	Prinzip	Erklärung
Wie sollen die Schüler:innen zu ihren Werturteilen und Meinungen kommen? Was sollte dies bezüglich das Ziel im Unterricht sein?	Förderung eines kritischen Geistes [21]	Ein „kritischer Geist“ soll von der Lehrperson einerseits vorgelebt und andererseits von Schüler:innen eingefordert werden. Dabei gilt es, nach Wissenschaftlichkeit zu streben (Fundierung von Argumenten mit empirischen Daten, aber auch Bewusstsein über Grenzen des wissenschaftlichen Denkens) und disziplinübergreifend zu denken [21].
Sind alle Meinungen und Standpunkte erlaubt? Gibt es eine „Grenze“, wo ich als Lehrperson einschreiten muss?	Orientierung an Grundgesetz und Menschenrechten [21]	Es gilt, gegenüber allen Werten, Normen, Meinungen und Standpunkten offen zu sein, solange dabei Grund- und Menschenrechte anderer nicht bestritten oder praktisch verletzt werden. Falls dies doch passiert, muss die Lehrperson diese Rechte argumentativ verteidigen [21].
Welche Perspektiven auf ein Thema sollen beim Diskutieren im Unterricht berücksichtigt werden?	Kontroversitätsgebot [22]	„Was in Wissenschaft und Politik kontrovers ist, muss auch im Unterricht kontrovers erscheinen“ [22]. Standpunkte aus Gesellschaft und Politik, die vernachlässigt werden, führen streng genommen wieder in Richtung Indoktrination. Die Lehrperson kann unter Einhaltung der anderen Prinzipien auch als Person dienen, die „neue“ Sichtweisen auf ein Thema eröffnet.
Darf ich als Lehrperson meine eigene (politische oder ethische) Meinung äußern? Ab wann indoktriniere ich die Schüler:innen?	Überwältigungsverbot [22]	Ziel ist die Mündigkeit der Schüler:innen. „Es ist nicht erlaubt, den Schüler [sic!] – mit welchen Mitteln auch immer – im Sinne erwünschter Meinungen zu überrumpeln und damit an der ‚Gewinnung eines selbstständigen Urteils‘ zu hindern“ [22]. Die eigene Meinung kann ggf. auf Nachfrage der Schüler:innen geäußert, muss aber explizit als solche deklariert werden. Die (in-)direkte Höherstellung der eigenen Meinung ist jedoch Indoktrination.

2. Fazit

Die Integration des Klimawandels in naturwissenschaftliche Lehrpläne ist eine komplexe Herausforderung. Klimabildung erfordert die Thematisierung von Mitigations- und Adaptionsmaßnahmen und die Befähigung von Schüler:innen, individuell und kollektiv in globalen Kontexten zu handeln.

Der naturwissenschaftliche Unterricht steht dabei vor der Herausforderung, etwa auch Ideen politischer Bildung einzubeziehen. Diskussionen über Mitigations- und Adaptionsmaßnahmen in Bezug auf den Klimawandel erfordern dabei Aushandlungsprozesse und die Analyse von Argumenten.

Emotionen spielen eine entscheidende Rolle, besonders bei Jugendlichen, die oft mit Lehrkräften über ihre Gefühle zum Klimawandel sprechen. Lehrkräfte müssen einfühlsam agieren, Emotionen anerkennen und einen unterstützenden Raum für Diskussionen schaffen.

Fachliches Wissen ist wichtig, jedoch besteht ein gestufter, nicht linearer Zusammenhang zwischen Fachwissen und Argumentationsfähigkeit. Es gilt hier sorgfältig zu wählen, welche

fachlichen Inhalte relevant sind und wie sie in Diskussionen integriert werden.

Diskussionen rund um Mitigations- und Adaptionsmaßnahmen sind oft politisch und ethisch aufgeladen. Lehrkräften dienen hier die didaktischen Prinzipien wie Förderung eines kritischen Geistes, Orientierung an Grundgesetz und Menschenrechten, Kontroversitätsgebot und Überwältigungsverbot als Orientierungshilfen.

Insgesamt erfordert die Klimabildung im naturwissenschaftlichen Unterricht eine ausgewogene Herangehensweise, die Fachwissen, Diskussionsraum, Emotionen und ethische/politische Aspekte berücksichtigt.

Matthias Fasching *Universität Wien, AECC Physik*

Thomas Schubatzky *Institut für*

Fachdidaktik, Universität Innsbruck

Sarah Wildbichler *Institut für Fachdidaktik,*

Universität Innsbruck

Literatur

- [1] BMBWF (2023). Lehrplan für die allgemeinbildende höhere Schule bzw. BMBWF (2023). Lehrplan für die Mittelschule.
- [2] UNESCO (2017). Education for sustainable development goals. Learning objectives. UNESCO.
- [3] Chang, C.-H. (2022). Climate change education: Knowing, doing and being. Taylor & Francis.
- [4] Kranz, J., Schwichow, M., Breitenmoser, P. & Niebert, K. (2022). The (un)political perspective on climate change in education – A systematic review. *Sustainability*, 14(7), 4194.
- [5] Eilks, I., Höbtle, C., Höttecke, D. & Menthe, J. (2011). Der Klimawandel und die Bedeutung von Bewertungskompetenz für gesellschaftliche Teilhabe und allgemeine Bildung. In I. Eilks et al. (Hrsg.), *Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht* (S. 7-16). Aulis Verlag.
- [6] Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Sci. Ed.*, 84(3), 287-312.
- [7] Jones, C. A. & Lucas, C. (2023). 'Listen to me!': Young people's experiences of talking about emotional impacts of climate change. *Global Environmental Change*, 83, 102744.
- [8] Beasy, K., Jones, C., Kelly, R., Lucas, C., Mocatta, G., Pecl, G. & Yildiz, D. (2023). The burden of bad news: educators' experiences of navigating climate change education. *Env. Ed. Res.*, 29(11), 1678–1691.
- [9] Baker, C., Clayton, S. & Bragg, E. (2021). Educating for resilience: parent and teacher perceptions of children's emotional needs in response to climate change. *Environmental Education Research*, 27(5), 687–705.
- [10] Ojala, M. (2015). Hope in the face of climate change: Associations with environmental engagement and student perceptions of teachers' emotion communication style and future orientation. *The Journal of Environmental Education*, 46(3), 133–148.
- [11] Hickman, C. (2020). We need to (find a way to) talk about ... Eco-anxiety. *Journal of Social Work Practice*, 34(4), 411–424.
- [12] Lawson, D. F., Stevenson, K. T., Peterson, M. N., Carrier, S. J., L. Strnad, R. & Seekamp, E. (2019). Children can foster climate change concern among their parents. *Nature Climate Change*, 9(6), 458–462.
- [13] Cummings, E. M. & Miller-Graff, L. E. (2015). Emotional security theory. *Current Directions in Psychological Science*, 24(3), 208–213.
- [14] Pihkala, P. (2020). Anxiety and the ecological crisis: An analysis of eco-anxiety and climate anxiety. *Sustainability*, 12(19), 7836.
- [15] Lewis, J. & Leach, J. (2006). Discussion of socio-scientific issues: The role of science knowledge. *IJSE*, 28(11), 1267–1287.
- [16] Sadler, T. D. & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90(6), 986-1004.
- [17] Toulmin, S. E. (2003). *The use of argument*. Cambridge University Press.
- [18] von Aufschnaiter, C. & Prechtel, H. (2018). Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 87-104). Springer.
- [19] Oser, F. & Baeriswyl, F. J. (2002). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of Research on Teaching* (S. 1031-1065). AERA.
- [20] Scholz, L. (2020). Methoden-Kiste. <https://www.bpb.de/shop/materialien/thema-im-unterricht/36913/methoden-kiste/>
- [21] Roew, R. & Kriesel, P. (2017). *Einführung in die Fachdidaktik des Ethikunterrichts*. Verlag Julius Klinkhardt.
- [22] Wehling, H.-G. (2016). Konsens à la Beutelsbach? Nachlese zu einem Expertengespräch. Textdokumentation aus dem Jahr 1977. In B. Widmaier & P. Zorn (Hrsg.), *Brauchen wir den Beutelsbacher Konsens? Eine Debatte der politischen Bildung* (S. 19-27). Bundeszentrale für politische Bildung.

Anfangsunterricht zum Sehen und Hören

Fachdidaktische Grundideen

Claudia Haagen-Schützenhöfer

1. Phänomene und fachliche Grundkonzepte statt Formeln und Merksatzwissen

„Sie sind Physiklehrerin – ohhh! Das ist bewundernswert. Ich hab das nie verstanden, war mir zu kompliziert. Und all die Formeln.“ „Physik?! Das war nix für mich. Ich habs nicht verstanden, ich war da nie gut. Viel auswendig gelernt hab ich.“ „Ich habe mich da richtig dumm gefühlt.“ „Physik – oh mein Gott! Da krieg ich jetzt noch Magenkrämpfe. Gelernt habe ich da viel, verstanden habe ich nix. Das war sooo frustrierend. Die Biologie, die war schon eher meins – zu lernen, wie unser Körper so funktioniert, über Tiere, Umweltschutz und so, Ernährung ... War vieles spannend.“

Ich vermute mal, dass Sie ähnliche Reaktionen gut kennen, wenn Sie erzählen, was Sie beruflich machen. Oft ist uns nicht bewusst, wie abschreckend viele den Physikunterricht empfunden haben. Und leider ist das wohl auch bei der aktuellen Generation von Schüler:innen nicht viel anders. Ein ähnliches Bild erhält man auch, wenn man Schüler:innen über Schule reden hört. Ich fahre täglich mit öffentlichen Verkehrsmitteln zur Uni und habe häufig die Gelegenheit, Schüler:innen über die Schule sprechen zu hören. Wie da über Physikunterricht gedacht wird, ist wenig schmeichelhaft. Und ganz schlimm ist es meist, wenn über Fachinhalte gesprochen wird – was da erzählt wird, ist oft meilenweit von einer physikalisch angemessenen Perspektive entfernt.

Aber wie kommt es zu dieser Situation? Dazu müssen wir mit der Analyse ganz vorne beginnen, oder besser gesagt im Kindergarten und in der Volksschule – da haben Kinder typischerweise noch viel Freude und Interesse an Naturwissenschaften, auch an physikalischen Themen. Denken Sie nur an die staunenden Kinderaugen beim Schattentheater, beim Explorieren mit Magneten ... Phänomene beobachten und Zusammenhänge erkunden steht häufig im Zentrum. Und dann kommt die Sekundarstufe I und in sehr kurzer Zeit wird vieles anders. Wir verlieren im Anfangsunterricht in der Mittelschule und im Gymnasium plötzlich sehr, sehr viele Schüler:innen – viele verlieren die Freude am Physikunterricht. Ein starkes Absinken von Interesse [1] zeigt sich ebenso wie eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung: „Physik ist nichts für mich. Ich kann das nicht.“ oder „Ich weiß nicht, was das mit mir zu tun hat.“ Da kann man natürlich entwicklungspsychologisch argumentieren: In der Pubertät rückt Schule generell in den Hintergrund. Ja, aber: Das erklärt nicht, warum der Interessensabfall für das Unterrichtsfach Physik vergleichsweise so stark ist [2].

Das hängt damit zusammen, wie Physikunterricht in der Sekundarstufe konventionellerweise aufgebaut ist: abstrakt, mathematisiert, formellastig, dekontextualisiert oder weit weg von Kontexten, die für Jugendliche relevant sind. Das ist meist ganz anders, als Schüler:innen Naturwissenschaften im Kindergarten oder im Sachunterricht der Volksschule erlebt haben. Und das macht viele Schwierigkeiten, denn Physikunterricht sollte es allen ermöglichen, einen positiven Zugang zur Physik zu finden und die Welt ein Stück weit aus physikalischer Perspektive betrachten und verstehen zu können. Genau das ist das Anliegen naturwissenschaftlicher Grundbildung.

Und wie kommen wir zu dieser Grundbildung? Der neue Physiklehrplan versucht, noch gezielter und konkreter Leitlinien für Physikunterricht zu geben als der auslaufende Lehrplan – der im Übrigen auch schon in diese Richtung ausgelegt war bzw. weder abstrakten noch stark mathematisierten Unterricht forciert hat.

Was heißt das konkret? Nehmen wir dazu einfach die fachlichen Themen der 6. Schulstufe. Optik und Akustik gehören als Teilgebiete des klassischen Physikkanons in jeden Lehrplan. Das war bisher so und bleibt auch im neuen Physiklehrplan der Sekundarstufe I so. Was sich allerdings ändert, sind die Herangehensweise und die Schwerpunktsetzung innerhalb dieser Bereiche, die im neuen Lehrplan als Kompetenzbereiche „Sehen und Hören“ sowie „Optische Geräte“ vorkommen [3]. Bisher wurde meist Folgendes unterrichtet (v. a. auch, weil es in Schulbüchern steht): künstliche vs. natürliche Lichtquellen, strahlengeometrische Konstruktionen, Linsengleichung, Farbmischregeln der additiven und „subtraktiven“ Farbmischung, Wellenmodell zur Schallausbreitung, Überlagerung von Schwingungen, Schalldruckpegel ... Dabei wird viel isoliertes Faktenwissen thematisiert – das nebenbei erwähnt auch nicht im auslaufenden Lehrplan fixiert ist. Sie werden dort weder die Linsengleichung noch die strahlengeometrischen Konstruktionen oder Schallwellen finden.

Grundbildung heißt dagegen: fachliche Grundkonzepte stehen im Zentrum des Unterrichts. Schüler:innen sollen diese dann für Alltagssituationen anwenden (W-Dimension) bzw. sie dienen als Grundlage für eigene Handlungsoptionen (S-Dimension) oder sie unterstützen das Verständnis physikalischer Denk- und Arbeitsweisen (E-Dimension). So ist es etwa nicht relevant zu wissen, dass es künstliche und natürliche Lichtquellen gibt, oder diese unterscheiden zu können. Zentral dagegen ist das Konzept, dass das Licht eines Körpers ins Auge fallen muss,

damit wir diesen Körper sehen können. Dieses Grundkonzept lässt sich dann anwenden, um z. B. den Großeltern zu erklären, warum der weit verbreitete Mythos, dass Katzen auch in völliger Dunkelheit sehen können, so nicht stimmt. Oder es ist die Basis für das Aufstellen von Hypothesen, wie man einen Wandspiegel anbringen muss, um unterschiedliche Bereiche im Raum vom Esstisch aus sehen zu können. Oder es wird herangezogen, um Risiken zu erkennen, die das Herumspielen und Herumleuchten mit Lasern in geschlossenen Räumen für einen selbst und seine Mitmenschen haben. Der neue Lehrplan legt also den Fokus weniger darauf, viel isoliertes Merksatzwissen zu produzieren, sondern versucht vielmehr den Schüler:innen das notwendige Rüstzeug zu geben, um sich z. B. Fähigkeiten zur Beschaffung von und Umgang mit Informationen anzueignen, Entscheidungen aus naturwissenschaftlichen Standpunkten zu überdenken und über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen Bescheid zu wissen.

2. Die Sachstruktur der Wissenschaft Physik ist fürs Lernen von Physik suboptimal – Unterrichtskonzeptionen helfen

Sie kennen vielleicht ähnliche Situationen auch aus dem Physikunterricht: Sie sind den Stoff intensiv mit den Schüler:innen durchgegangen, haben schöne Abbildungen genutzt, haben mit Aufgaben aus dem Buch üben lassen und beim nächsten Test oder wenn es darum ging, eine Anwendungsaufgabe zu lösen, haben es viele Schüler:innen doch wieder nicht richtig geschafft.

Für den Optikunterricht sind das zum Beispiel Aufgaben wie die in Abbildung 1. Sie bereiten selbst nach dem Optikunterricht noch große Schwierigkeiten. Wir haben N=376 Schüler:innen in Österreich nach dem Optikunterricht der 4. Klasse befragt. Es zeigt sich, dass nur 38,5 % die erste Teilfrage richtig beantworten und nur 28,1 % die zweite Teilfrage.

Alltagsvorstellungen: Sehen von Selbst- & Zwischensendern

Emma sieht die Torte und die Kerzenflamme.

a) Warum kann Emma die Kerzenflamme sehen? Finde die beste physikalische Erklärung!

- Die Flamme sendet Licht aus.
- Licht von der Flamme fällt in Emmas Augen.
- Um die Flamme herum ist es hell.
- Die Sehstrahlen aus Emmas Augen treffen auf die Flamme.
- Die Augenbinde ist weg.

b) Warum kann Emma die Torte sehen? Finde die beste physikalische Erklärung!

- Die Torte sendet Licht aus.
- Licht von der Torte fällt in Emmas Augen.
- Es ist hell im Raum.
- Die Sehstrahlen aus Emmas Augen treffen auf die Torte.
- Die Augenbinde ist weg.



Abbildung 1: Aufgabenstellung zum physikalischen Sehvorgang. Verteilung der Antworten: A: 25,7 %; 38,5 %; 2,8 %; 12,3 %; 15,1 % B: 2,8 %; 28,1 %; 25,6 %; 20,2 %; 18,0 %

Das liegt häufig daran, dass die Sachstruktur des Physikunterrichts oft der Sachstruktur des klassischen Physikkanons entspricht und nicht zu den Bedürfnissen der Lernenden passt.

Die Sachstruktur – also die Abfolge und Darstellung von fachlichen Grundkonzepten, aber auch deren Elementarisierung und Verknüpfung untereinander – muss für erfolgreiches Lernen daran angepasst werden, wie Schüler:innen ticken und denken. Bekannte Alltagsvorstellungen und Lernschwierigkeiten müssen berücksichtigt werden.

Was für uns als Physikexpert:innen, die ins System der Physik gut eingedacht sind, Sinn macht, ist oft inkompatibel mit den Vorerfahrungen der Schüler:innen. Daher fällt es uns oft schwer nachzuvollziehen und zu glauben, dass Lernende wirklich so denken, wie sie denken. Aus unserer Sicht sind es verquere Vorstellungen. Besonders schwer fällt es uns oft zu glauben, dass Lernende ganz triviale Inhalte, die für uns ganz alltäglich sind, nicht verstehen bzw. nicht verinnerlicht haben. Wie die Sache mit dem Sehen. Fehlen Schüler:innen allerdings diese Grundlagen, dann sind Schwierigkeiten bei anderen Konzepten ebenso vorprogrammiert, z. B. Körperfarben, die Bildentstehung am ebenen Spiegel oder bei Linsen usw.

Von Lehrkräften kann natürlich nicht verlangt werden, die Wirkweise unterschiedlicher Sachstrukturen auf das Lernen von Schüler:innen zu untersuchen. Das ist Sache der Fachdidaktik und hierzu gibt es für viele Themenbereiche der Physik Sachstrukturen, deren Lernwirksamkeit in der Evaluation mit vielen hunderten Schüler:innen nachgewiesen wurde. Aus diesen und anderen Gründen greift der neue Lehrplan auf Unterrichtskonzeptionen zurück, die sich an der Logik des Physiklernens orientieren und nicht an der Fachsystematik der Physik. Darin sind typische Alltagsvorstellungen und Lernschwierigkeiten schon mitbedacht, ebenso wie interessante Kontexte.

3. Zentrale fachdidaktische Ideen für den Anfangsunterricht zum Sehen und Hören

Die Bereiche Sehen und Hören sind für einen Einstieg in den Physikunterricht, der sich an Phänomenen orientiert und damit einen guten Anschluss an den Sachunterricht bietet, hervorragend geeignet. Schüler:innen sollen ausgehend von konkreten Phänomenen aus ihrer Alltagswelt qualitative Zusammenhänge (Muster) erkennen. So soll Schritt für Schritt eine physikalische Sichtweise angebahnt werden.

Für den Anfangsoptikunterricht wird die Frankfurt/Grazer Unterrichtskonzeption empfohlen, über deren Fassung für die 8. Schulstufe wir schon im Artikel „Das Optikprojekt – Wie SchülerInnen der 4. Klasse im Optikunterricht ein Licht aufgehen soll“ [4] berichtet haben. Viele fachdidaktische Grundideen dieser Unterrichtskonzeption lassen sich auch gut für die 6. Schulstufe anwenden. Eine entsprechende Version an Materialien ist gerade entwickelt (siehe Abbildung 2) [5]. Im Folgenden werden zentrale fachdidaktische Ideen dieser Unterrichtskonzeption für die 2. Klasse vorgestellt.



Abbildung 2: Optik-Materialien [5]

3.1 Sender-Empfänger-Modell (SEM)

Das wohl zentralste Konzept für den Physikunterricht der 2. Klasse ist das Sender-Empfänger-Modell mit der Grundidee „von nix kommt nix“ – also ohne Lichteinfall ins visuelle System gibt es keine visuelle Wahrnehmung und ohne Schall im Hörsystem keine akustische Wahrnehmung.

Ganz oft höre ich in meinen Lehrveranstaltungen, aber auch in Fortbildungen sowas wie „das lernen die ja schon im Kindergarten, dass zum Sehen Licht ins Auge kommen muss“ oder „die machen das doch die ganze Zeit, die sehen selber ja ständig, da muss das doch klar sein“. So einfach und trivial ist das leider nicht. Probieren Sie es doch einfach mal mit Ihren Schüler:innen aus. Nutzen Sie die Fragestellung aus Abbildung 1 und Abbildung 3 oder auch den Fragebogen zur Sehvorgang aus dem MOOC zu Lehrplaninhalten der 6. Schulstufe [6].

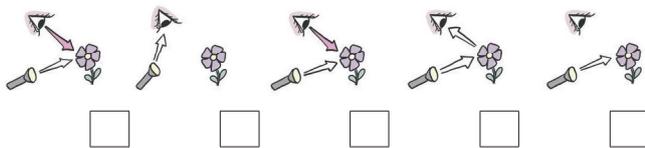


Abbildung 3: Der physikalische Sehvorgang und alternative Alltagsvorstellungen [7]

Die erste Kompetenzformulierung im Lehrplan, die Basis für die Entwicklung weiterer Kompetenzbereiche ist, lautet: „Die Schülerinnen und Schüler können physikalische Bedingungen für das Sehen von Körpern/Gegenständen bzw. das Hören von Tönen/Klängen durch ein Sender-Empfänger-Modell adressatengerecht erläutern (W) und auf verschiedene Alltagssituationen anwenden (u. a. Sicherheit im Straßenverkehr) (S); ^{12c} [3].

Das SEM ist eine Elementarisierung des sehr komplexen Sehvorgangs. Wir konzentrieren uns dabei auf den „physikalischen Teil“, also Licht gelangt von einem Gegenstand ins Auge.

Wenn es sich um einen Selbstsender handelt, also um einen Körper, der elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Bereich abstrahlt, dann verläuft der Lichtweg vom Selbstsender ins Auge. Der Gegenstand wird an der Netzhaut abgebildet. Im psycho-physiologischen Bereich werden die Lichtsignale von den Zellen der Netzhaut in elektrische Signale verwandelt und im Gehirn zu unseren visuellen Eindrücken weiterverarbeitet. Für den Fall, dass der betrachtete Körper selber kein sichtbares

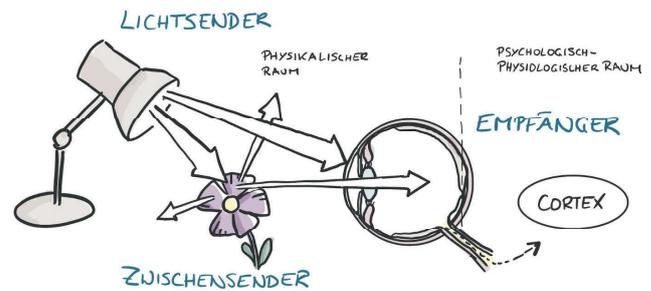


Abbildung 4: Das Sender-Empfänger-Modell zum Sehvorgang [8]

Licht aussendet, muss der Körper beleuchtet werden. Er ist ein Zwischensender und sendet einen Teil des Lichtes, mit dem er beleuchtet wird, weiter. Hier geht der Lichtweg von einem Selbstsender (z. B. der Sonne, einer eingeschalteten Lampe) zum Körper, an dem das Licht dann gestreut wird. Ein Teil des Lichts gelangt dann wiederum ins visuelle System des Auges und wird verarbeitet. Für den Sehvorgang selbst, den physikalischen wie auch den psycho-physiologischen, macht es also keinen Unterschied, ob es sich um einen Zwischensender oder einen Selbstsender handelt. Völlig irrelevant ist, ob es sich um eine künstliche oder natürliche Lichtquelle handelt.

Noch kurz zu den Begrifflichkeiten Sender, Selbstsender und Zwischensender. In der Entwicklung der Optikkonzeption hat sich in den vielen Befragungen mit Schüler:innen gezeigt, dass der Begriff Sender für die Konzeptbildung hilfreicher ist als der Begriff Quelle. Weil das, „was ein Sender tut“, nämlich sichtbare Strahlung aussenden, schon im Begriff enthalten ist. Besonders schwer tun sich Lernende mit der Idee, dass auch nicht selbst leuchtende Objekte Licht aussenden können – wenn sie beleuchtet werden. Der Begriff Zwischensender fasst diesen Sachverhalt sehr gut zusammen und wird von Lernenden gut akzeptiert. Der Begriff Selbstsender wurde im Rahmen der Entwicklung der Unterrichtskonzeption von Schüler:innen selbst vorgeschlagen – mit dem Argument, dass der Begriff Sender für selbstleuchtende Objekte nicht spezifisch genug sei. Wir haben diesen Vorschlag aufgegriffen und in weiterer Folge Sender in Selbstsender und Zwischensender unterteilt und festgestellt, dass diese Begriffsfestlegungen die intendierten Lernprozesse sehr gut unterstützen.

Wenn Schüler:innen die Sender-Empfänger-Vorstellung fehlt oder sie diese nicht nutzen, fällt es schwer, physikalisch angemessene Vorstellungen von der Bildentstehung (Lochkamera, Linse, ebener Spiegel etc.) oder auch vom Zustandekommen der Farbwahrnehmung zu entwickeln. Die Chipsdosen-Lochkamera (vgl. Beitrag von Neumann S. 32) ist im Übrigen ein äußerst hilfreiches Tool, mit dem Schüler:innen eigenständige Beobachtungen anstellen und selbst feststellen können: „von nix kommt nix“. Sie ist aber auch ein wunderbar einfaches Augenmodell, das sogar um eine Linse erweitert werden kann. Mehr zur Lochkamera und ihren didaktischen Möglichkeiten als Lichtnachweisgerät finden Sie in der Optikkonzeption [6].

In ganz ähnlicher Weise lässt sich der Hörvorgang elementarisieren. Es gibt eine Schallquelle, die Schall erzeugt. Dieser Schall gelangt in unser Ohr und wird dort in elektrische Signale verwandelt, die dann im Gehirn verarbeitet werden.

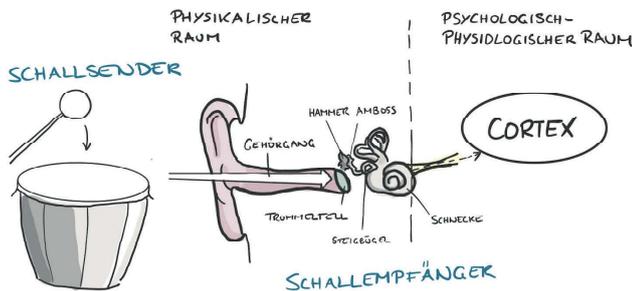


Abbildung 5: Das Sender-Empfänger-Modell zum Hörvorgang [9]

Traditionellerweise wird Schallentstehung und -ausbreitung mit dem Teilchenmodell und/oder dem Wellenmodell unterrichtet. Das ist allerdings nicht altersgemäß für Schüler:innen der 2. Klasse und daher im neuen Lehrplan auch nicht so vorgesehen. Das Teilchenkonzept bereitet Schüler:innen vielfach Schwierigkeiten, z. B. die Idee „zwischen Luftteilchen ist Luft“. Ähnliches gilt für das Konzept von Schall bzw. Schallwellen: Schall wird zum Beispiel als Substanz verstanden, „die man direkt durch Einwirkungen von außen durch den Raum schieben kann.“ Oder die Idee: „Schallwellen bewegen Materie durch den Raum.“ [10]

Eine alternative Repräsentation für Entstehung und Ausbreitung von Schall erproben wir gerade mit Schüler:innen. Sie beruht auf der Idee einer Darstellung mit Buchstaben. Erste Erkläransätze können Sie unter folgendem Link einsehen: <https://www.youtube.com/watch?v=uNqht2GKHtw&list=Wl&index=2&t=27s>

3.2 Farbe und Lichtfarbe

Farbe ist nicht Farbe ist nicht Farbe. Das sollte Schüler:innen im Kontext von Optikunterricht klar werden. Die entsprechende Kompetenzbeschreibung lautet: „Die Schülerinnen und Schüler können den Begriff Farbe – als die Eigenschaft von Stoffen, bestimmte Lichtfarben streuen zu können – fachlich angemessen verwenden. (W)“ Bei dieser eher kryptisch anmutenden Formulierung geht es darum, dass zwischen Farbe als Farbstoff bzw. Farbpartikel und Farbe im Sinne von Lichtfarbe konzeptuell und begrifflich unterschieden wird, weil so eine Reihe von Verständnisschwierigkeiten verhindert werden können. Denken Sie nur an die Malkastenregeln aus dem BE-Unterricht, die so gern für alles, was mit Farbe bezeichnet wird, genutzt werden und die überhaupt nicht kompatibel mit der (additiven) Farbmischung von Licht sind. Und warum streuen und nicht reflektieren? Streuung ist auch physikalisch die angemessenere Beschreibung. Reflexion erklärt nur die Richtungsänderung und wird von Lernenden als „Abprallen“ verstanden („Ping-Pong“). Aus Sicht der Schüler:innen ist dafür keine Interaktion zwischen Licht und

Materie notwendig. Mit Reflexion lässt sich aber nicht erklären, warum sich die Lichtfarbe gegebenenfalls ändert, also weißes Licht zu einem Apfel hinströmt und rotes Licht vom Apfel ins Auge abgestrahlt wird (vgl. Abbildung 6). Submikroskopisch werden bei diesem Prozess Streuzentren durch das Wechselfeld der elektromagnetischen Strahlung angeregt und es erfolgt eine selektive Reemission. Das lässt sich besser durch den Begriff Streuung elementarisieren. Also zum Beispiel: Sonnenlicht (als Mischung aus Spektralfarben) trifft auf den Apfel, dort gibt es eine Interaktion, und je nach Beschaffenheit bzw. Oberflächeneigenschaften des Körpers wird ein bestimmter Anteil der Lichtfarben wieder abgestrahlt. Im konkreten Fall strahlt der Apfel Licht mit roter Farbe ab, daher ergibt sich ein roter Farbeindruck.

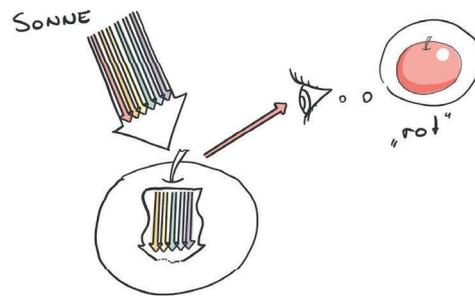


Abbildung 6: Wahrgenommene Körperfarben basieren auf selektiven Absorptions- und Reemissionsprozessen [11]

3.3 „Leuchtpunkt zu Bildpunkt“-Abbildungsschema

Auf den vielen Fortbildungsveranstaltungen zum neuen Lehrplan sorgte das „Leuchtpunkt zu Bildpunkt“-Abbildungsschema oft für Fragezeichen. Die Idee des „Leuchtpunkt zu Bildpunkt“-Abbildungsschemas als sehr erfolgreiche Elementarisierung für Abbildungsvorgänge hat schon mehrere Jahrzehnte auf dem Buckel, ist aber bei uns leider noch nicht so weit verbreitet.

Das „Leuchtpunkt zu Bildpunkt“-Abbildungsschema wurde entwickelt, weil die traditionellen Strahlenkonstruktionen bei Schüler:innen eher zu ungünstigen Vorstellungen führen als zu konzeptionellem Verständnis. Solche Vorstellungen sind zum Beispiel, dass eine halb abgedeckte Sammellinse nur ein halbes Bild liefert, oder dass ein Gegenstand, der größer als die Sammellinse ist, nur in Teilen abgebildet werden kann.

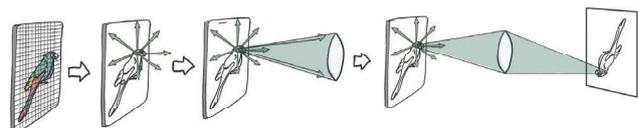


Abbildung 7: Das „Leuchtpunkt zu Bildpunkt“-Abbildungsschema [12] Absorptions- und Reemissionsprozessen [11]

Das „Leuchtpunkt zu Bildpunkt“-Schema ist ein Erklär-Modell und keine Konstruktionsvorschrift: Jeder Lichtsender – egal ob Selbst- oder Zwischensender – lässt sich als viele kleine Leuchtpunkte denken. Jeder Leuchtpunkt sendet Licht in alle

Raumrichtungen aus. Wie Abbildung 7 darstellt, strömt ein Teil des Lichts von einem Leuchtpunkt, konkret ein kegelförmiges Lichtbündel, durch die Linse. (Alles andere Licht, das der Leuchtpunkt abstrahlt, ist für die Abbildung nicht relevant.) Die Sammellinse lenkt das auseinanderlaufende Lichtbündel zu einem zusammenlaufenden Lichtbündel um. An genau einer Stelle hinter der Linse formt sich ein Bildpunkt. Und so geht das mit jedem Leuchtpunkt.

Haben Schüler:innen gelernt, dieses Erklär-Modell zu nutzen, fällt es ihnen relativ leicht zu erklären, warum eine halb abgedeckte Linse den ganzen Gegenstand abbildet, aber eben deutlich lichtschwächer, oder wie eine „kleine“ Sammellinse einen „großen“ Gegenstand abbilden kann. Zudem lässt sich auch hervorragend diskutieren, wann und warum eine Abbildung unscharf ist bzw. warum das größere Loch bei der Lochkamera das Bild nicht heller, sondern verschwommen macht.

4. Mut zur Farbe bzw. zur Lichtfarbe, zum Sender-Empfänger-Modell und zum „Leuchtpunkt zu Bildpunkt“-Schema

Der neue Lehrplan bringt eine Reihe von Neuerungen mit sich, die streng genommen gar nicht so neu sind. Vielfach sind sie eine Konkretisierung des auslaufenden Lehrplans. Vielfach handelt es sich dabei auch um fachdidaktische Konzepte, die sich schon lange sehr bewährt haben, aber irgendwie noch nicht flächendeckend Eingang ins Klassenzimmer gefunden haben. Ich bin viel unterwegs mit Fortbildungen in Österreich. Viele Lehrpersonen geben sehr positives Feedback zum Lehrplan,

einige sind noch kritisch. Bei solchen Veranstaltungen treffe ich auch immer wieder Kolleg:innen, die physikdidaktische Unterrichtskonzeptionen (z. B. Kraftstoßkonzept – Münchner Mechanik, EPO mit dem Elektronengasmodell, Frankfurt/Grazer-Optikkonzeption, AECCP Strahlungskonzept etc.) schon länger nutzen.

Kürzlich bei einer Fortbildung meinte ein Kollege, der die genannten Unterrichtskonzeptionen nutzt, im Rahmen einer recht hitzigen Diskussion, in der typische Bewahrungsargumente von einer Teilnehmerin gekommen waren: „Ehrlich gesagt ärgert es mich, dass wir da jetzt so viel Zeit verschwenden, um über etwas herumzudiskutieren, das manche von vornherein schlechtreden, obwohl es noch gar nicht ausprobiert wurde.“ Ich finde, das ist ein wirklich guter Ansatz: unvoreingenommen ausprobieren statt ewig Zeit beim Herumdiskutieren verlieren. Und diese Erfahrung des Kollegen passt auch gut zu diesen Lehrpersonen, die die zentralen fachdidaktischen Grundideen von Unterrichtskonzeptionen ausprobieren – sie finden so gut wie nie, dass der Unterricht mit Unterrichtskonzeptionen ein „Gesamtverhau“ ist. Viele sagen sogar, dass es richtig hilfreich war für die Schüler:innen und dass es ihnen Spaß gemacht hat, einmal eine andere Perspektive auf Physikunterricht einzunehmen. Gönnen Sie sich dieses „Adventure“ doch auch und haben Sie viel Spaß damit!

Claudia Haagen-Schützenhöfer *Universität Graz,*
Fachdidaktikzentrum Physik

Literatur

- [1] Häußler, P. & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht – an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaft* 23(2), 107-126.
- [2] Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 44(3), 185-201.
- [3] BMBWF (2023). Lehrplan für die allgemeinbildende höhere Schule bzw. BMBWF (2023). Lehrplan für die Mittelschule. <https://www.paedagogikpaket.at/massnahmen/lehrplaene-neu/materialien-zu-den-unterrichtsgegenstaenden.html>
- [4] Haagen-Schützenhöfer, C. (2013). Das Optikprojekt – Wie SchülerInnen der 4. Klasse im Optikunterricht ein Licht aufgehen soll. *Plus Lucis* 2013 (1-2), 3-7.
- [5] Haagen-Schützenhöfer, C. & Obczovsky, M. (2023). Die Sender-Empfänger Optikkonzeption. Sekundarstufe 1. Sender-Empfänger Optikkonzeption - Druckversion – edu-sharing (uni-graz.at)
- [6] MOOC Neuer Lehrplan – Optik. <https://moodle.uni-graz.at/enrol/instances.php?id=120465>
- [7] Markus Obczovsky, lizenziert unter CC BY-SA 4.0 Deed | Attribution-ShareAlike 4.0 International | Creative Commons. <http://tinyurl.com/SehvorgangSV>
- [8] Markus Obczovsky, lizenziert unter CC BY-SA 4.0 Deed | Attribution-ShareAlike 4.0 International | Creative Commons. <http://tinyurl.com/SEM-sehen>
- [9] Markus Obczovsky, lizenziert unter CC BY-SA 4.0 Deed | Attribution-ShareAlike 4.0 International | Creative Commons. <http://tinyurl.com/SEM-hoeren>
- [10] Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (2018). Vorstellungen zu Wellen. In Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer, 185-208. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>
- [11] Markus Obczovsky, lizenziert unter CC BY-SA 4.0 Deed | Attribution-ShareAlike 4.0 International | Creative Commons. <http://tinyurl.com/wahrnehmung-farben>
- [12] Markus Obczovsky, lizenziert unter CC BY-SA 4.0 Deed | Attribution-ShareAlike 4.0 International | Creative Commons. <http://tinyurl.com/LichtpunktBildpunkt>

Physikalische Low-/No-Cost-Experimente für den Anfangsunterricht

Susanne Neumann

1. Einleitung

Eine reichhaltige Sammlung an Experimentiermaterial sowohl für Demo-Versuche als auch für Freihandversuche, eine Inventarliste, auf die man auch aus dem Home-Office Zugriff hat und eine freundliche Schulleitung, die ein ausreichendes Budget für Neuanschaffungen und Reparaturen zur Verfügung stellt – wer von uns träumt nicht davon? Die Wirklichkeit sieht an vielen Schulen ganz anders aus und oft heißt es, kreativ zu werden (und leider manchmal auch selbst in die Tasche zu greifen), um unseren Schüler:innen ein vielfältiges Experimentierangebot bieten zu können.

In diesem Artikel sollen daher einfache Experimente für die Sekundarstufe I vorgestellt werden, die mit minimalem Kostenaufwand auch in Klassenstärke durchgeführt werden können. Darunter fallen natürlich ebenso digitale Experimente (z. B. mit Online-Simulationen) – für diese soll jedoch auf andere Schwerpunktartikel verwiesen werden [1]. Thematisch sind die hier gewählten Versuche am neuen österreichischen Lehrplan der Sek. I orientiert, passen jedoch allesamt zu typischen Physikthemen des Anfangsunterrichts, wie sie auch in anderen Ländern zu finden sind.

Alle in dem Artikel vorgestellten Versuche eignen sich für unterschiedliche Aspekte des Physikunterrichts. Ganz klassisch können sie natürlich Phänomene zeigen und zur Bestätigung physikalischer Prinzipien (z. B. Beobachtung der thermischen Ausdehnung, Demonstration von Strahlungsabsorption) herangezogen werden. Sie lassen sich im Unterricht aber auch so einsetzen, dass sich Aspekte echten Experimentierens üben lassen. Schüler:innen können zum Beispiel Forschungsfragen formulieren („Wie ändert sich X, wenn ich Y verändere?“). Sie können Hypothesen aufstellen und diese durch Veränderung eines selbst gewählten oder von der Lehrkraft vorgegebenen Parameters überprüfen. Einige Versuche können außerdem für erste einfache Datenanalysen und -interpretationen herangezogen werden. Dieser Artikel soll zu diesem nächsten Schritt ermutigen und verweist daher bei einigen der beschriebenen Versuche auf mögliche Weiterentwicklungen in Richtung Experimentierkompetenz.

2. Sehen/Optische Systeme

2.1 Die Lochkamera aus der Chipsdose bzw. der Physiksaal als Riesen-Lochkamera

Die Grundprinzipien der Bildentstehung können wohl am besten mit Hilfe einer Lochkamera verstanden werden. Dass

man ein Bild auch ohne Linse oder Spiegel erzeugen kann, zählt für viele Lernende zu den großen Aha-Momenten des Optik-Unterrichts. Wer einen gut verdunkelbaren Raum zur Verfügung hat und nicht davor zurückschreckt, ein kleines Loch in die Jalousie zu schneiden, ist so imstande den Physiksaal in eine riesige Version einer Lochkamera zu verwandeln. Alternativ kann natürlich die Verdunkelung des Raums mit großen, schwarzen Müllsäcken erfolgen, in die sich auch ohne große Schuldgefühle ein Loch machen lässt. Eine interessante Variante dieser Riesenlochkamera stellt das Kopffüßer-Modell dar, bei dem eine große Styroporkugel zu einem einfachen Augenmodell umfunktioniert wird. Damit sind Bilder von selbstleuchtenden Objekten (z. B. Kerze, Handydisplay oder – noch besser – verschiedenfarbige, über- und nebeneinander angeordnete LEDs), aber auch von gut beleuchteten Zwischensendern beobachtbar.

Wer das Phänomen der Lochkamera nicht nur beobachten will, sondern auch weitere Experimente damit durchführen möchte, sollte zu selbst gebastelten Lochkameras greifen, insbesondere zu solchen, die es erlauben, den Abstand zwischen Loch und Schirm zu verändern. Im Unterricht bewährt hat sich hierzu die Lochkamera aus einer Chipsdose. Mit Hilfe unterschiedlicher Aufsätze (aus Karton oder aus dem 3D-Drucker) lässt sich so auch der Zusammenhang zwischen Blendengröße und Eigenschaften des Bilds einfach untersuchen. Für ausführliche Beschreibungen der hier vorgestellten Versuche sei auf die Frankfurter-Grazer-Optik-Konzeption verwiesen [2].

2.2 Körperfarben

Um zu untersuchen, wie sich der Farbeindruck von Körperfarben ändert, wenn die Gegenstände mit Licht unterschiedlicher Farbe beleuchtet werden, sind vier Bedingungen wesentlich: Zunächst sind ausreichend starke, verschiedenfarbige Lichtquellen nötig (diese lassen sich auch für andere Experimente wie den „Bunte-Schatten-Versuch“ verwenden). Derartige Lichtquellen sind natürlich im Lehrmittelhandel erhältlich, können aber auch gut durch Handytaschenlampen ersetzt werden, denen ein Farbfilter (z. B. in kleine Stücke geschnittener roter Hefteinband) vorgesetzt wird. Auch ein eventuell noch vorhandener Overhead-Projektor mit darauf platziertem Hefteinband eignet sich gut. Im Handel erhältlich sind außerdem leuchtstarke LED-Scheinwerfer, deren Farben gezielt verändert werden können. Für Experimente in kleinen Gruppen bieten sich handliche batteriebetriebene LED-Leuchten an, wie sie in Abbildung 1 verwendet wurden. Die zweite notwendige Komponente bilden verschiedenfarbige

Gegenstände, die beleuchtet werden. Natürlich können hierzu ein Malkasten oder die Stifte im Federpennal verwendet werden. Eine Farbkarte, wie sie im Lehrmittelhandel angeboten wird, ist hier aber durchaus zu empfehlen.



Abbildung 1: Die Fernbedienung der batteriebetriebenen LED-Leuchte wird durch weißes, grünes und rotes Licht beleuchtet. Es zeigen sich unterschiedliche Farbeindrücke.

Nicht zu unterschätzen sind aber weitere zwei Faktoren: eine ausreichende Verdunkelung des Raumes sowie die durch Vorerfahrungen beeinflusste Wahrnehmung der Lernenden: Wer seinen grünen Stift an der Länge erkennt, wird auch weiterhin überzeugt sein, dass dieser Stift grün ist. Folgender Versuchsaufbau kann dem entgegenwirken: Der Physiksaal wird abgedunkelt und mit einer oder mehreren Scheinwerfern rot beleuchtet. Die Lehrkraft verteilt verschiedenfarbige Buntstifte (die nicht mit dem jeweiligen Farbton beschriftet sind) auf den Tischen. Nun erst lässt sie die Klasse den Physiksaal betreten und fordert die Lernenden auf, alle grünen Stifte einzusammeln. In einer verkleinerten Variante können auch Farbstifte in eine Schachtel mit zwei Löchern gelegt werden. Durch eines der Löcher werden die Farbstifte mit Licht unterschiedlicher Farbe beleuchtet, durch das andere Loch können die Lernenden beobachten – eine genauere Beschreibung finden Sie unter [3].

2.3 Lichtanalyse

Was wäre der Physikunterricht ohne das klassische Newton'sche Dispersionsexperiment? Die Erkenntnis, dass weißes Licht aus unterschiedlichen Farben zusammengesetzt ist, gilt nicht ohne Grund als Key Idea der Optik. Wenn das Lernziel aber nicht unbedingt die Brechung des Lichts am Prisma enthält, sondern es ausschließlich darum geht, Licht aus unterschiedlichen Lichtquellen auf dessen Bestandteile hin zu untersuchen, können auch (in der Handhabung) einfachere Mittel eingesetzt werden. Beugungsgitter gibt es mittlerweile in Form von Partybrillen für wenig Geld in Klassenstärke zu kaufen – mit diesen ist es allen Lernenden möglich, unterschiedliche Lichtquellen (Straßenlaternen, LEDs an elektrischen Geräten, Beleuchtungskörper in verschiedenen Räumen) zu untersuchen und miteinander zu vergleichen. Alternativ kann Beugungsfolie auch in Rollen gekauft und in alte Diahalter gespannt werden. Die physikalischen Hintergründe des Beugungsmechanismus werden im Anfangsunterricht noch nicht thematisiert – hier fungiert die Folie also als „Black-Box“: die Analyse steht im Vordergrund. Der Versuch lässt sich auch gut dazu verwenden, das Ordnen von Daten zu üben. Hierbei sollen die Lernenden

entweder selbst Kategorien finden (z. B. Lichtquellen, die einfarbiges Licht aussenden, und solche, deren Licht sich in mehrere Farben aufspalten lässt) oder die Daten nach vorgegebenen Kriterien ordnen.

2.4 Entstehung von Tag/Nacht, Jahreszeiten, Mondphasen und Finsternissen

Hier geht es um einfache astronomische Phänomene, die aber gar nicht so leicht in zweidimensionalen Abbildungen dargestellt werden können: Um diese zu erklären, ist dreidimensionalen Modellen der Vorzug zu geben. Anstatt also die oft irreführenden Abbildungen in den Schulbüchern zu verwenden, bietet es sich hier an, die Vorgänge rund um Sonne, Erde und Mond mit Hilfe drei unterschiedlich großer Kugeln (z. B. Tennisball, Tischtennisball, Murmel) zu veranschaulichen und von den Lernenden darstellen zu lassen. Eine Bemalung der Erde mit Kontinenten und Meeren inklusive der Darstellung der Erdachse (z. B. durch eine auf einem Holzspieß montierte Styroporkugel) erleichtert den Lernenden die Zuordnung. Noch leichter lassen sich die Phänomene verstehen, wenn die Lernenden selbst die Rolle der Erde (und damit den Status der beobachtenden Person) übernehmen. Dabei hält eine Lernende:r (am besten in einem sonst verdunkelten Raum) eine weiße Styroporkugel (Mond) vor sich und lässt sich von einer starken Lichtquelle (z. B. Beamer, Scheinwerfer oder batteriebetriebene LED-Lampe) beleuchten. Je nach relativer Position ergeben sich so die verschiedenen Mondphasen, die die Person direkt von ihrem Standpunkt aus (also von der Erde) betrachten kann.

2.5 Fehlsichtigkeit und deren Korrektur

Laserbehandlungen und Kontaktlinsen zur Behandlung von Fehlsichtigkeit erfreuen sich unter Erwachsenen großer Beliebtheit. Bei jüngeren Lernenden ist aber noch immer die Brille sehr verbreitet. Sehr praktisch für den Physikunterricht – so kann man diese auch gleich für Experimente einsetzen. Veranschaulicht können Ursache und Behandlung von Kurz- bzw. Weitsichtigkeit zum Beispiel durch folgendes Experiment werden: Mit Hilfe einer Linse (z. B. einer Taschenlupe, sie sollte in etwa gleich groß sein wie das nachher verwendete Brillenglas) erzeugen die Lernenden ein scharfes Bild des Klassenfensters an der gegenüberliegenden weißen Wand. Dies stellt die Abbildung des Bildes auf der Netzhaut dar. Die Linse wird nun ein wenig von der Wand entfernt und das Bild wird unscharf – genauso wie ein unscharfes Bild durch die Vergrößerung des Augapfels bei Kurzsichtigkeit entsteht. Um auch bei größerem Augapfel ein scharfes Bild auf der Netzhaut entstehen zu lassen, muss nun eine Brille zur Korrektur der Kurzsichtigkeit eingesetzt werden. Die Lernenden halten daher nun eine Brille, die sie sich von einer kurzsichtigen Person ausgeliehen haben, vor die Linse und erhalten wieder ein scharfes Bild an der Wand [4], wie in Abbildung 2 zu sehen. Analog kann eine Verkürzung des Augapfels, also eine Annäherung der Linse zur

Wand, behoben werden, indem eine Brille zur Korrektur von Weitsichtigkeit vor der Linse positioniert wird.



Abbildung 2: Ein scharfes Bild wird durch Vergrößerung des Abstands zwischen Linse und Wand („Kurzsichtigkeit“) unscharf. Mit Hilfe einer Brille kann dieser Sehfehler korrigiert werden.

3. Elektrizitätslehre

3.1 Low-Cost-Box für Basisexperimente zur E-Lehre

Im Anfangsunterricht sollen Lernende befähigt werden, einfache Stromkreise zu untersuchen. Ob man dies mit Steckplatinen aus Elektronikkästen, Steckkästen von Lehrmittelfirmen oder mit selbst zusammengestellten Materialien macht, ist nur vordergründig eine Frage des Budgets. Viel wichtiger sind dabei didaktische Überlegungen. Können Lernende anhand des Aufbaus tatsächlich nachvollziehen, wie die Leitungen verlaufen? Ist es möglich, kleine Veränderungen im Stromkreis rasch durchzuführen? Kann die Lehrkraft mögliche Fehler im Stromkreis auf einen Blick erkennen und beheben? Viele Argumente sprechen daher für selbst zusammengestellte Boxen, in denen sich nur die wichtigsten Bauteile einfacher Stromkreise befinden (z. B. Batterie, Kabel mit Krokodklemmen, mehrere Lämpchen mit Fassungen, ev. Motor, ev. Multimeter, s. Abbildung 3), die günstig bei Anbietern für Werkbedarf erhältlich sind. Eine genügend große Anzahl an Boxen, die die Arbeit in Zweier- oder maximal Dreier-Teams ermöglicht, ist dabei essenziell.



Abbildung 3: Eine typische Basis-Experimentierbox für Versuche mit Stromkreisen

In einem offenen Lernsetting bietet es sich zum Beispiel an, Forschungsfragen zu einfachen Stromkreisen formulieren zu lassen. Dabei kann das sprachliche Muster („Leuchtet das Lämpchen weiter, wenn ich ...“) vorgegeben werden.

3.2 Stromkreise aus Knetmasse

Eine interessante Variation zu den Experimenten mit den Low-Cost-Boxen können Stromkreise aus Knetmasse darstellen. Dafür wird zunächst ein gut knetbarer Salzteig hergestellt (dieser

lässt sich übrigens auch gut im Tiefkühlschrank aufbewahren). Der Salzteig bildet als Material mit hoher Leitfähigkeit das Pendant zu stromleitenden Kabeln und kann von den Lernenden beliebig verformt werden. Zusätzlich zum Teig werden noch Batterien und Lämpchen oder Motoren benötigt. So können auf intuitive Weise Parallel- und Serienschaltung sowie verschiedene kreative Bastelideen verwirklicht werden. Optional kann für weitere Experimente noch ein zweiter Teig mit geringer Leitfähigkeit hergestellt werden (s. Abbildung 4). Für die Zubereitung der Teige sowie mögliche Experimente sei auf die Website des Entwicklerteams verwiesen [5].

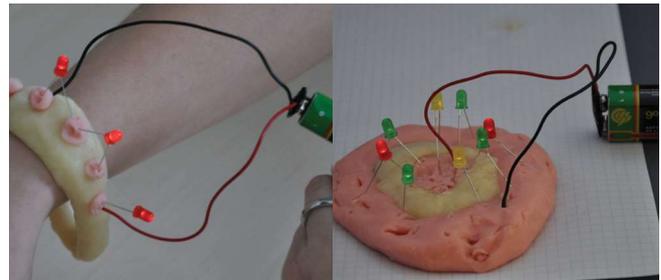


Abbildung 4: Serien- und Parallelschaltung einmal anders – mit Stromkreisen aus Knetmasse

Für Fortgeschrittene bietet es sich außerdem an, Eigenschaften dieser Squishy-Circuit-Stromkreise (dessen leitendes Material zwar einen geringen, aber eben keinen verschwindend geringen Widerstand hat) mit den entsprechenden Simulationen (z. B. „Virtuelles Gleichstrom-Labor“ von PhET-Colorado) zu vergleichen und so die Grenzen von Modellen zu thematisieren. So können zum Beispiel mit den Squishy-Circuits mehrere LEDs parallel geschaltet werden, wobei mit freiem Auge beobachtet werden kann, dass die Leuchtstärke der LEDs von der Länge der Teig-Kabel abhängt. In der Simulation hingegen, bei der die Kabel in der Standardeinstellung keinen Widerstand haben, leuchten alle parallel geschalteten Lämpchen gleich hell.

4. Wärmelehre (Wetter und Klima)

4.1 Wärmeleitung

Um das Phänomen unterschiedlich starker Wärmeleitung zu beobachten, sind Alltagsgegenstände vollkommen ausreichend (z. B. die Schere aus Metall fühlt sich kälter an als der Holztisch). Interessanter wird die Erfahrung jedoch, wenn man Eiswürfel ins Spiel bringt und die Frage stellt, auf welchem Material denn die Eiswürfel schneller schmelzen. Durch Beobachtung folgt dann die Erkenntnis, dass Metall eben nicht nur die Wärme von den eigenen Händen gut ableitet, sondern – wie im Eiswürfelversuch – auch die Energie der Umgebung zu den Eiswürfeln transportiert, sodass diese rascher schmelzen, als wenn sie auf Kunststoff oder Holz gelegt werden. Besonders beeindruckend ist der Versuch, wenn man als Unterlage zwei optisch ähnliche Materialien verwendet. Man kann diese im Handel unter „Ice Melting Blocks“ oder „Eisschmelzplatten“ kaufen (s. Abbildung 5), sie lassen sich aber natürlich auch recht leicht selbst herstellen. Als Alternative zur Metallplatte bietet sich auch eine im Handel erhältliche Auftauplatte an, welche

dort oft als „Wunderplatte“ oder mit dem Zusatz „Auftauen ganz ohne Chemikalien oder Strom“ vermarktet wird. Dabei kann natürlich gleich die Gelegenheit genutzt werden, gesellschaftliche Aspekte wie Konsumententäuschung durch nicht-naturwissenschaftliche Behauptungen zu thematisieren.



Abbildung 5: Eisschmelzplatten – die linke Platte besteht aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit, sodass der Eiswürfel rasch durch die aus der Umgebung zugeführte Energie schmilzt.

Der Versuch legt auch nahe, weitere Materialien zu verwenden und Abhängigkeiten experimentell zu untersuchen. Die Lernenden könnten hier zum Beispiel unterschiedliche Materialien für den Schmelzvorgang verwenden und die Zeitdauer für den Schmelzvorgang in einer Tabelle dokumentieren und ordnen.

4.2 Anomalie des Wassers – Auswirkung der Eisschmelze auf den Meeresspiegel

Der Klimawandel führt schon seit Jahren zu einem großflächigen Schmelzen von Festlandeis und schwimmenden Eismassen. Dass nur Ersteres eine Auswirkung auf den Meeresspiegel hat, kann in einem einfachen Experiment gezeigt werden. In der No-Cost-Version legt man dazu einige Steine in ein Trinkglas und platziert einen oder mehrere Eiswürfel darauf. Danach gießt man Wasser in das Trinkglas, bis knapp unter die Eiswürfel. Ein zweites Trinkglas ohne Steine füllt man nun mit der gleichen Anzahl an Eiswürfeln und fügt ebenso Wasser hinzu, bis der Wasserspiegel gleich hoch ist wie im anderen Glas. Um den Versuch zu beschleunigen, kann man natürlich eine Rotlicht- oder Terrariumlampe benutzen. Schon während des Schmelzvorgangs wird klar: Der Wasserspiegel in dem Glas, in dem die Eiswürfel auf Steinen positioniert waren (Festlandeis, z. B. Gletscher und Antarktis), steigt an, während der Wasserspiegel im anderen Glas, in dem die Eiswürfel im Wasser geschwommen sind (Arktis), nicht ansteigt (s. Abbildung 6). Wer den Versuch ein wenig aufpeppen möchte, kann zum Beispiel einen „Kontinent“ aus Knetmasse basteln oder 3D-drucken, auf den dann die Eiswürfel gelegt werden können.



Abbildung 6: Wenn der Eiswürfel geschmolzen ist, wird klar: Der Wasserspiegel steigt nicht, wenn der Eiswürfel zuvor im Wasser geschwommen ist.

4.3 Wärmeausdehnung – Anstieg des Meeresspiegels

Neben der Schmelze von Festlandeis (eustatischer Meeresspiegelanstieg) ist auch die Ausdehnung des Meerwassers selbst für den Anstieg des Meeresspiegels verantwortlich (sterischer Meeresspiegelanstieg). Dies kann in folgendem Freihandversuch gezeigt werden: Eine Flasche wird mit Wasser (am besten mit etwas Tinte oder Lebensmittelfarbe färben!) randvoll gefüllt. Die Öffnung wird danach mit Knetmasse verschlossen, durch die ein durchsichtiger Strohhalm (gut geeignet sind Longdrink-Glasstrohhalm) gebohrt wurde. Die Flasche wird nun erwärmt (z. B. in einem Wasserbad mit heißem Wasser) – der Wasserspiegel steigt sichtbar an (s. Abbildung 7).

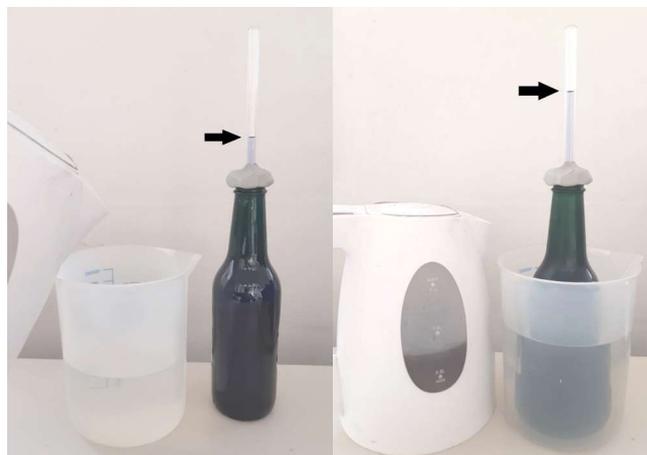


Abbildung 7: Das Wasser in der Flasche dehnt sich aus, wenn diese in ein Bad mit heißem Wasser gestellt wird. Der Wasserspiegel im Strohhalm steigt.

Auch dieser Versuch lässt sich weiterführen – so können die Lernenden zum Beispiel das Formulieren von Hypothesen üben: Wie würde sich der Anstieg des Wasserspiegels ändern, wenn man die Größe der Flasche oder die Temperatur des umgebenden Wassers ändert?

Falls die Schule über eine grundlegende Chemie-Ausstattung verfügt, kann dieser Versuch natürlich noch einfacher mit einem Erlenmeyerkolben gezeigt werden, der mit einem Gummistopfen mit Glasrohr verschlossen wird. Der Versuch

ist relativ empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen und daher nicht ganz einfach auszuführen. Gerade bei Versuchen zum Thema Klimawandel ist es aber wichtig, dass dieser das zu zeigende Phänomen eindeutig zeigt. Falls dieser Versuch in der Vorbereitung also nicht gelingt, kann auf Videos, die zahlreich auf gängigen Videoplattformen vorhanden sind, zurückgegriffen werden [6].

5. Strahlung

5.1 Infrarotstrahlung

Falls eine Wärmebildkamera schon lange auf der Wunschliste für die Physiksammlung steht, sich dieser Wunsch aber budgetär noch nicht erfüllen hat lassen, kann man bis auf Weiteres auf andere Low-Cost-Versuche zum Thema IR-Strahlung zurückgreifen. Besonders eindrucksvoll ist das Sichtbar-Machen der Strahlung, die von IR-Dioden, wie sie zum Beispiel für Fernbedienungen verwendet werden, ausgesendet wird. Man benötigt dazu ein etwas älteres Handy, das noch über eine Kamera ohne Infrarot-Filter verfügt. Wird ein Knopf der Fernbedienung gedrückt, sendet die IR-Diode ein Signal, das man mit freiem Auge nicht sehen kann, durch die Handykamera jedoch schon. Wenn man mit langwelligerem IR experimentieren möchte, bieten sich alltägliche IR-Strahler an, deren Wirkung man mit den Temperatursensoren der Haut nachweisen kann (z. B. Terrariumlampe, Rotlichtlampe oder Heizkörper). Mit dieser Strahlung kann auch untersucht werden, welche Materialien IR-Strahlung absorbieren bzw. durchlassen. So absorbiert eine Glasscheibe die Infrarotstrahlung recht gut, während sie sichtbare Strahlung durchlässt. Ein schwarzer Müllsack hingegen absorbiert sichtbare Strahlung, lässt IR-Strahlung aber gut durch. Dieser Versuch eignet sich ebenso gut, um eine verbreitete Fehlvorstellung aufzuzeigen: Viele Lernende

glauben, die gesamte von der Rotlichtlampe ausgesendete Strahlung sei Infrarot-Strahlung (und daher sichtbar). Durch den Versuch wird deutlich, dass die Rotlichtlampe sowohl sichtbare Strahlung als auch IR aussendet.

5.2 UV-Strahlung

No-Cost-Experimente sind hier eher schwer zu finden. Als Minimalausstattung bieten sich aber UV-Perlen oder andere Materialien an, die ihr Aussehen unter der Einwirkung von UV-Strahlung verändern. Damit kann zum Beispiel getestet werden, welche Lichtquellen (z. B. Sonnenlicht – auch indirekte Strahlung im Schatten funktioniert gut, Taschenlampe, UV-Lampen ...) UV-Strahlung beinhalten und welche Materialien (z. B. Glasscheiben, dünner Stoff, dünn mit Sonnencreme beschichtete, durchsichtige Kunststofffläche) UV-Strahlung absorbieren bzw. durchlassen. UV-Lampen, die um wenig Geld im Handel erhältlich sind, können außerdem für viele andere Experimente verwendet werden [7].

6. Fazit

Auch wenn die Schulausstattung nicht viel Material hergibt: Experimentieren in allen Facetten ist auch so möglich. Für alle Lehrkräfte, die gerne Vorschläge für Neuanschaffungen hätten, hat das Lehrplan-Team des österreichischen neuen Lehrplans Physik (Sek. I) eine Materialliste erstellt. Sie ist auf der Website des AECC Physik abrufbar [8].

Susanne Neumann *Bundesrealgymnasium 14, Wien & Bildungsdirektion für Wien*

Literatur

- [1] Siehe z. B. die PlusLucis-Ausgaben 3/2018: Digitale Medien im Physikunterricht sowie 3/2023: Real und Digital
- [2] Sie finden Unterrichtsmaterialien für die 6. Schulstufe unter: Frankfurt/ Grazer Optikkonzeption – Sender-Empfänger Optikkonzeption - Druckversion - edu-sharing (uni-graz.at); für die 8. Schulstufe findet sich das erweiterte Konzept auf: Haagen-Schützenhöfer, C., Fehring, I. & Rottensteiner, J. (2017): Optik für die Sekundarstufe I, AECC Physik, Universität Wien & FDZ Physik, Universität Graz. https://aeccp.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/z_didaktik/AECC_Physik/Lehrer_innen/2_3_Sender-Strahlungs-Empfaenger-Konzeption_Graz.pdf
- [3] Haagen, C. (2014). Simple experiments supporting conceptual understanding of body colour. *Pridobljeno*, 12(4), 2017. https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Haagen-Schuetzenhoefer/publication/281557078_Simple_experiments_supporting_conceptual_understanding_of_body_colour/links/5b1e165e45851587f29f6422/Simple-experiments-supporting-conceptual-understanding-of-body-colour.pdf
- [4] Bei der hier verwendeten Taschenlupe mit Brennweite $f = 10$ cm (10 Dioptrien) und einer nachher verwendeten Brillenstärke von -2 Dioptrien ergibt sich eine Vergrößerung des Abstands von anfänglich 10 cm auf 12,5 cm.
- [5] Squishy Circuits (University of St. Thomas, Minnesota). <https://squishycircuits.com/>
- [6] Für Fortgeschrittene bietet Leifi Physik hier ein professionelles Video, in dem auch die unterschiedlich starke Ausdehnung von Alkohol im Vergleich zu Wasser gezeigt wird. <https://www.leifiphysik.de/waermelehre/ausdehnung-bei-erwaermung/versuche/ausdehnung-von-fluessigkeiten>
- [7] Sämtliche hier empfohlenen Experimente zum Thema Strahlung können im Detail in der Handreichung „Elektromagnetische Strahlung in der Sekundarstufe I unterrichten“ von Sarah Zloklikovits nachgelesen werden. <https://services.phaidra.univie.ac.at/api/object/o:1594025/get>
- [8] https://aeccp.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/z_didaktik/AECC_Physik/Lehrer_innen/Fuer_den_Unterricht/Geraete_NeuerLehrplan.pdf

Weniger Mathematik im Physikunterricht?

Martin Hopf

1. Einleitung

Wie lautet eigentlich das Ohm'sche Gesetz? Fragt man das bei Schüler:innen, so erhält man immer die Antwort $R = \frac{U}{I}$ oder $U = R \cdot I$. Das antworten auch Studierende und in der Regel auch (geprüfte wie ungeprüfte) Physiklehrer:innen. Es stimmt nur (beides) nicht. Das Ohm'sche Gesetz lautet, dass für manche Materialien bei konstanter Temperatur gilt, dass Stromstärke I und angelegte Spannung U direkt proportional sind [1]. Das kann man, wenn man alle die Gültigkeitsbedingungen sowieso im Kopf hat, natürlich auch als $R = \text{const.} = U/I$ schreiben. Aber es meint jetzt etwas ganz anderes, als wenn einfach nur die Formel rezitiert wird. Die Formel aufzusagen zu können und Einsetz- und Umformungsrechenübungen mit der Formel tragen zum Verständnis des physikalischen Konzepts nicht bei. Und damit sind wir auch schon bei einem Kernproblem des Physikunterrichts: Welche Rolle hat eigentlich die Mathematik im Physikunterricht, wie verwenden wir sie und wie soll das in Zukunft aussehen.

Bleiben wir doch erst einmal noch beim Ohm'schen Gesetz. Kombiniert mit den Gesetzen der Reihen- und Parallelschaltung haben wir Generationen von Schülerinnen und Schülern darauf gedrillt, komplexe Schaltungen von Widerständen zu analysieren und darin Ersatzwiderstände, Gesamtstromstärken, Teilspannungen usw. zu berechnen. Und das ja durchaus mit Erfolg: Die meisten Absolvent:innen konnten das ganz gut. Zumindest für Tests oder Schularbeiten. Aber man muss natürlich die Frage stellen, ob die Berechnung von Widerstandsnetzwerken mit ausschließlich Ohm'schen Widerständen eine Kompetenz ist, die Schüler:innen von heute erwerben sollen. Man kann ja schließlich für wenige Cent genau das passende Widerstandsbauteil kaufen und muss sich nicht irgendwelche Dinge zusammenbauen, wenn man mit Elektronik bastelt. (Falls das überhaupt noch stattfindet.) Schaltungen der Alltagswelt haben immer eine Vielzahl verschiedenster Bauteile, von denen sich praktisch kein einziges linear verhält. Und Glühlampen sind auch nicht ohmsch (und es gibt im Alltag auch gar keine mehr).

2. Das Problem mit der Mathematisierung

Betrachten Sie doch einmal den Stromkreis in Abb. 1: 14 gleiche Lämpchen sind eingebaut. Bitte sagen Sie vorher: Welche der drei Lämpchen (1, 2 und 3) werden gleich hell leuchten? Nehmen Sie sich etwas Zeit, um das zu durchdenken. Dann können Sie das ja einmal in der Sammlung aufbauen und empirisch untersuchen.

Auch hier sagen die meisten Kolleg:innen vorher, dass das Lämpchen 1 und 2 gleich hell leuchten. In Wirklichkeit

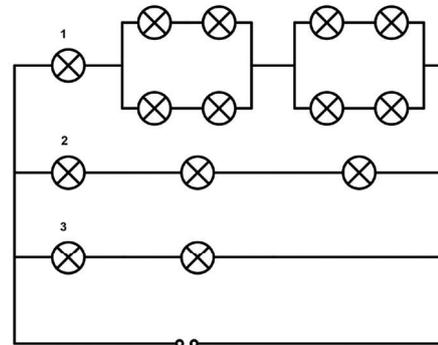


Abbildung 1: Schaltung aus 14 gleichen Lämpchen. Welche Lämpchen (1, 2 oder 3) werden nach dem Einschalten gleich hell leuchten?

leuchten aber Lämpchen 1 und 3 gleich hell. Es zeigt sich, dass für dieses Experiment eine Modellierung mit dem Ohm'schen Gesetz die Realität nicht gut beschreibt und das Berechnen der Ersatzwiderstände offenbar nicht gut klappt.

Es zeigt sich hier ein ganz generelles Ergebnis der fachdidaktischen Forschung der letzten Jahrzehnte. Immer wieder zeigt sich, dass Lernende zwar die mathematischen Algorithmen der Physik beherrschen, aber kein wirkliches Verständnis physikalischer Zusammenhänge erlernen. Das ergibt sich zum Beispiel aus der Analyse der großen Vergleichsstudien wie PISA und TIMMS, in denen immer wieder zu sehen ist, dass Schüler:innen – abgesehen davon, dass sie im besten Fall im weltweiten Vergleich im Mittelfeld liegen – zwar bei eher schematischen Aufgaben besser abschneiden als bei Aufgaben, zu deren Lösung eher konzeptuelles Verständnis notwendig ist [z. B. 2]. Konzeptuelles Verständnis in der Physik meint dabei Verständnis der grundlegenden Prinzipien und Ideen und nicht nur das Auswendiglernen von Fakten oder Gleichungen. Dazu gehört es, die zentralen Ideen, Beziehungen und Muster der physikalischen Welt zu erfassen. Dass das für Schüler:innen schwierig ist, können Sie auch ganz leicht im eigenen Unterricht verifizieren, indem Sie Fragen aus Konzepttests einsetzen und sich selbst überzeugen, wie schwer solche Fragen selbst für gute Schüler:innen sind. Fragen Sie doch danach, wieso denn eine Kutsche fahren kann, wenn $\text{actio} = \text{reactio}$ gilt. Oder lassen Sie Kinder überlegen, in welche Materialien man einen Eiswürfel einpacken kann, damit er möglichst langsam schmilzt...

Das Hauptproblem scheint zu sein, dass es für Lernende schwierig ist, zwischen der mathematischen Welt und der Physik hin und her zu übersetzen. Das ist in der Mathematikdidaktik im Themenfeld von Textaufgaben sehr gut erforscht [3] und auch in der physikdidaktischen Forschung immer wieder mit gleichem Ergebnis untersucht worden [4]. Offenbar

war es im traditionellen Physikunterricht ein Schwerpunkt, die mathematischen Modelle („die Gleichungen“) und den Umgang damit in den Vordergrund zu stellen. Schauen Sie doch einmal auf die Aufgaben in älteren/traditionelleren Schulbüchern. Sie werden dabei ganz sicher im Wesentlichen Rechenbeispiele finden (Abb. 2). Und das ist ja auch in der universitären Lehre (nach wie vor) so: Hauptsächlich geht es bei den Übungsaufgaben um das Rechnen von Beispielen und nur selten um konzeptuelle Überlegungen.

5. Ein beladener Schlitten der Gewichtskraft $1,5\text{ kN}$ wird bei einer Reibungszahl $0,010$ auf horizontaler Strecke mit konstanter Geschwindigkeit 400 m weit gezogen. Welche Zugarbeit muß dabei verrichtet werden?
($6,0\text{ kJ}$)

6. Auf den Schlitten der Aufgabe 5 wirkt auf einer horizontalen, 10 m langen Strecke die Kraft 20 N . Welche Beschleunigungsarbeit wird dabei verrichtet?
(50 J)

Abbildung 2: Aufgaben aus einem alten Schulbuch [5]

Und auch dabei ist es sinnvoll, dass wir das wieder aus der Zielperspektive betrachten: Ist es für eine naturwissenschaftlich grundgebildete Person wichtig, Rechenbeispiele zur Physik zu lösen? Die Lehrplankommission in Österreich ist schon beim letzten Mal zur Auffassung gelangt, dass sie das nicht so sieht: „Bei der Formulierung von Gesetzen ist auf qualitative Je-desto-Fassungen besonderer Wert zu legen. Nur an geeigneten Beispielen ist die Leistungsfähigkeit mathematischer Methoden für die Physik zu zeigen.“ [6] Und auch die aktuelle Lehrplankommission schließt sich dieser Auffassung an und schreibt: „Mathematische Ableitungen und Rechenbeispiele werden nur vereinzelt verwendet.“ [7] Aber wie wir im Folgenden sehen werden, lohnt es sich, da etwas genauer hinzuschauen.

3. Was genau meint das?

Eine der größten Stärken der Physik ist sicher, dass sie physikalische Phänomene mit mathematischen Modellen beschreiben kann. Aber es ist notwendig, die verschiedenen Rollen der Mathematik in der Physik genauer zu beschreiben. Pospiech unterscheidet zwischen „Mathematik als Werkzeug“, „Mathematik als Modellbildung“ und „Mathematik als Sprache“. [4]

3.1 Mathematik als Werkzeug

Diese Rolle der Mathematik haben wir gerade schon kennengelernt. Es geht hierbei darum, bereits vorhandene mathematische Modelle physikalischer Phänomene zu verwenden. Also: Dinge auszurechnen und so Vorhersagen zu machen, z. B. unter Verwendung von Gleichungen. Das haben Sie vermutlich oben gemacht, als Sie den Stromkreis in Abb. 2 analysiert haben. Und das ist es, was früher in den Aufgabensammlungen zum Physikunterricht verlangt wurde. Es geht hier tatsächlich – zumindest in schulischen Kontexten – ganz stark um algorithmisches Abarbeiten, die Verwendung von Formeln, Gleichungen und Rechenregeln. Aber zu „Mathematik als Werkzeug“ gehört auch das Konstruieren von Bildern mit

Hauptstrahlkonstruktionen oder das Zeichnen von Zeit-Ort-Diagrammen.

Früher haben wir Schüler:innen genau auf diesen Bereich trainiert. Das führte dazu, dass sie derartige Aufgaben halbwegs gut lösen konnten. Verständnis der Physik ist so aber nicht zu erreichen.

3.2 Mathematik als Modellbildung

Hierbei geht es darum, ein physikalisches Modell in einen mathematischen Zusammenhang zu übersetzen. Die Aufgabe besteht hier darin, aus experimentellen Daten oder Beobachtungen einen allgemeineren Zusammenhang zu finden und den in kompakter Form zu beschreiben. Das ist anspruchsvoll und muss in der Sek. I behutsam eingesetzt werden. Aber es gibt viele Beispiele dafür, wie das sinnvoll gelingen kann. In der „Kraftstoß-Konzeption“ zur zweidimensionalen Mechanik wird zum Beispiel das Newton'sche Gesetz aus den Beobachtungen von Stößen an rollenden Kugeln zunächst in einfachen Je-Desto-Beziehungen modelliert: „Je länger eine Kraft einwirkt, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit“. [8] Arbeitet man dann weiter mit den so gewonnenen Je-Desto-Beziehungen, kann schließlich das zweite Newton'sche Gesetz in einer altersgemäßen Formulierung aufgestellt werden. Empfohlen werden kann hier auch der Einsatz von Softwaretools zur Modellierung (Tabellenkalkulation, Geogebra oder spezielle Programme wie z. B. Tracker). Aber natürlich wird das in der Sek. I nur an wenigen Stellen produktiv möglich sein.

3.3 Mathematik als Sprache

Für den Physikunterricht am wichtigsten ist vermutlich, dass wir mit mathematischen Ausdrücken über die Physik sprechen können. Das meint dabei nicht nur algebraische Ausdrücke, Formeln und Gleichungen, sondern auch Tabellen, Diagramme und Graphen sowie Pfeile, Strahlen, usw.

Mathematische Ausdrücke sind also Repräsentationsformen physikalischer Zusammenhänge und dienen unserer Kommunikation über Physik. In der Regel ist es mit mathematischen Ausdrücken möglich, kürzere Ausdrücke zu verwenden und so die Sprache präziser und kürzer zu machen.

Oft gibt es zu einem physikalischen Phänomen ganz unterschiedliche mathematische Repräsentationen: Das elektrische Feld kann man algebraisch beschreiben, aber auch mit einem Kraftdiagramm, mit Äquipotentiallinien oder Feldlinien.

Für Schülerinnen und Schüler ist es wichtig, dass es genügend Zeit dafür gibt, die Verwendung und den Umgang mit den verschiedenen mathematischen Repräsentationen zu erlernen und auch den Wechsel zwischen verschiedenen Repräsentationen einzuüben. Aber stets muss klar sein, dass

es nicht um das Erlernen mathematischer Algorithmen geht sondern um die Beschreibung physikalischer Phänomene.

Prediger schlägt dazu – aus der Analyse der mathematikdidaktischen Forschung zu Textaufgaben – vor, so lange beim Inhaltlichen zu bleiben, bis Lernende selbst das Bedürfnis nach mathematischen Abkürzungen äußern und stets die Repräsentation mit dem Inhalt zu Verknüpfen [3].

Im „Kraftstoß-Konzept“ (Münchener-Mechanik-Konzept) dient die Newton'sche Gleichung in der Form $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$ dazu, über Vorgänge zu sprechen. Man kann damit z. B. besprechen, wie ein Airbag funktioniert: Fährt ein Kfz gegen eine Wand, so ist $\Delta \vec{v}$ in allen Fällen gleich, ebenso m . Es geht aber darum, \vec{F} möglichst klein zu bekommen. Der Airbag erhöht die Einwirkungszeit Δt und da die rechte Seite konstant ist, muss daher die Kraft kleiner werden. Es geht hier gar nicht darum, die Gleichung nach einer Variable aufzulösen und Zahlen einzusetzen. Es wird die Gleichung nur dazu verwendet, physikalische Vorgänge zu beschreiben. Das ist absolut sinnvoll, auch und gerade in der Sek. I.

4. Fazit

Ja, in Zukunft sollen weniger Rechenbeispiele im Physikunterricht vorkommen. Dass Rechnen im Physikunterricht in der Vergangenheit nicht dazu geführt hat, dass Schüler:innen besser Physik können, hat sich immer wieder empirisch bestätigt. Der Schwerpunkt auf Rechenaufgaben hat sogar dazu geführt, dass Schüler:innen einen falschen Eindruck von der Physik bekommen haben und vermutlich viele auch das Interesse verloren haben. Für qualitätsvollen Physikunterricht ist es

wesentlich, diesen Aspekt der Mathematisierung zu verringern. Natürlich werden wir immer wieder die Mathematik als Sprachwerkzeug einsetzen. Mathematische Ausdrücke erlauben uns eine sehr gute und auch sehr kompakte Diskussion über physikalische Phänomene. Aber natürlich müssen wir mit Lernenden die Übersetzung von physikalischen Inhalten in mathematische Sprache umfangreich üben. An ausgewählten Stellen ist es auch sinnvoll, gemeinsam mit Lernenden die mathematische Modellierung physikalischer Inhalte gemeinsam im Unterricht vorzunehmen.

Viele Anregungen für einen sinnvollen Gebrauch mathematischer Zusammenhänge hat Paul Hewitt vorgelegt. Er ist der Wegbereiter, Physik konzeptorientiert zu unterrichten und seine Werke gehören in meinen Augen zur Pflichtlektüre von Lehrkräften. Einen kleinen Einblick in seine Arbeit und Literaturhinweise sind seinem Artikel in der vorliegenden Ausgabe zu entnehmen [9].

Es gibt viele andere Wege, das konzeptuelle Verständnis der Kinder und Jugendlichen zu unterstützen. Im MOOC zum neuen Lehrplan werden einige davon ausführlicher vorgestellt werden [10].

Danksagung

Julia Jillecek hat in Vorbereitung der Lektion über konzeptorientierten Physikunterricht ein hervorragendes Literaturreview erstellt und dankenswerterweise für diesen Artikel zur Verfügung gestellt.

Martin Hopf *Universität Wien, Physikdidaktik*

Literatur

- [1] Donges, A. (2019). Zur Diskussion gestellt: Ohmscher Widerstand und ohmsches Gesetz. *Plus Lucis* 2019 (3), 27-30.
- [2] Schecker, H., & Klieme, E. (2001). Mehr Denken, weniger Rechnen: Konsequenzen aus der internationalen Vergleichsstudie TIMSS für den Physikunterricht. *Physikalische Blätter*, 57(7-8), 113-117.
- [3] Prediger, S. (2009). Inhaltliches Denken vor Kalkül. *Fördernder Mathematikunterricht in der Sek. I*, 213-234.
- [4] Pospiech, G., Michelini, M., & Eylon, B.-S. (2019). Mathematics in Physics Education. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9>
- [5] Hammer, A., Hammer, K., Knauth, H., Kühnel, S., Lackner-Ronger, G. (1979). *Physik 9. Jahrgangsstufe*. Oldenbourg.
- [6] Bundesgesetzblatt (2000). Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen.
- [7] BMBWF (2023). Lehrplan für die allgemeinbildende höhere Schule bzw. BMBWF (2023). Lehrplan für die Mittelschule. <https://www.paedagogikpaket.at/massnahmen/lehrplaene-neu/materialien-zu-den-unterrichtsgegenstaenden.html>
- [8] Ein Überblick über die für diese Unterrichtskonzeption verfügbaren Materialien ist online verfügbar unter <http://www.thomas-wilhelm.net/2dd.htm>
- [9] Hewitt, P. G. (2024). Konzeptorientierter Physikunterricht. *Plus Lucis* 2/2024.
- [10] Jillecek, J. & Binder, R. (2024). Lektion Konzeptorientierter Physikunterricht. Online Verfügbar ab September 2024.

Konzeptorientierter Physikunterricht

Paul G. Hewitt

Ich kann mir kein befriedigenderes Leben vorstellen, als Physiklehrer zu sein. Unterrichten ist mehr als ein Job und mehr als ein Beruf. Es ist eine unübertreffliche Art und Weise, sein Leben zu verbringen. Als Lehrperson haben Sie es in der Hand, jegliche Begeisterung Ihrer Schüler:innen für das Lernen auszulöschen oder aber sie dazu zu inspirieren, ihre eigenen Möglichkeiten auszuschöpfen. Über die Physik können Sie Ihren Schüler:innen vermitteln, dass es Spaß macht, das Beste aus ihren Gehirnen herauszuholen. Wenn ein Physikkurs keinen Spaß macht, warum dann die lustigen Namen: Quarks, mit Eigenschaften wie Charme und Farbe? Der größte Spaß an der Physik ist jedoch die Entdeckung, dass sie in jedem Teil der eigenen Umgebung präsent ist – vor allem, wenn wir Physik als *Die Regeln der Natur* lehren.

Ich verliebte mich Mitte zwanzig in die Physik, als ich Schildermaler war und von einem Kollegen, Burl Grey, inspiriert wurde. Er machte mich mit Jacque Fresco bekannt und regte mich zu einem Leben in der Physik an. Eines der ersten von vielen Problemen, über die Burl nachdachte, waren die relativen Spannungen in den Seilen, die uns und unser Gerüst stützten (Abb. 1). Dies geschah, bevor einer von uns beiden das erste Newton'sche Gesetz kannte, das ich gerne als Gleichgewichtsregel bezeichne: Die Vektorsumme der Kräfte, die auf ein beliebiges System wirken, ist gleich Null, wenn dieses System nicht beschleunigt wird. Eine mächtige Regel. Das Wissen um die Regeln der Natur hat großen Einfluss darauf, wie wir die Natur wahrnehmen. Es ist bemerkenswert, wie unterschiedlich Kulturen, die diese Regeln nicht kennen, ihre Welt wahrnehmen.

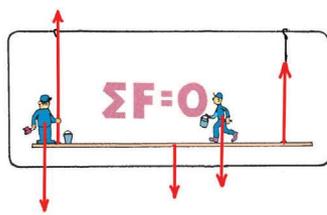


Abbildung 1: Maler

Ich glaube, dass diejenigen, die in ihrer Umgebung nach einem Sinn suchen, gut bedient sind, wenn sie auch die Regeln der Natur – Physik - lernen. Physik zu lernen kann man damit vergleichen, wie Ziegelsteine in einer vertikalen Säule gestapelt werden. Jeder Stein unterstützt den darüber liegenden. Genauso unterstützt jedes physikalische Konzept das darüber liegende und stellt eine Verbindung zum nächsten und zum übernächsten her. Um etwas zu verstehen, muss man jedes Konzept verstehen, bevor man es den nachfolgenden hinzufügen und mit ihnen verbinden kann. In meinem Unterricht wollte ich schon immer die konzeptionelle Brille vermitteln, durch die ich die Physik sehe und die mir als Leitfaden und Ressource dient.

Wenn man die Physik als ein Studium der Regeln der Natur betrachtet, ist ein Physikkurs für die Schüler:innen genauso wichtig wie Lesen und Schreiben. Und wie faszinierend ist es, dass die Regeln der Natur in Bezug auf die physikalische Welt die Gesetze der Physik sind. Diese Gesetze sind eindeutig und lassen sich gut durch Gleichungen ausdrücken. Die Schüler:innen mit Gleichungen vertraut zu machen, ist eines der ersten Ziele im Unterricht. Um dies zu erreichen, ist es sinnvoll, Gleichungen zunächst mit Worten zu buchstabieren, die allen Schüler:innen vertraut sind, und erst danach die Worte mit Symbolen abzukürzen. Ein Beispiel: Um das Konzept der Durchschnittsgeschwindigkeit zu verstehen, schreibe ich sie zunächst in ganzen Worten auf. Nach einer Diskussion kürze ich sie dann mit Symbolen ab und erkläre das sorgfältig. Es waren nicht die Gleichungen, die viele Schüler:innen einschüchterten, sondern die vielen Rechenaufgaben mit Zahlen und Gleichungen des traditionellen Unterrichts. In meinem Physikunterricht minimiere ich die Einschüchterung durch Mathematik, indem ich mich auf die Symbole konzentriere.

Anstatt das zweite Newton'sche Gesetz als $F = ma$ zu schreiben, ziehe ich das Verhältnis $a = F/m$ vor, das mehr mit der Art und Weise übereinstimmt, wie Newton es ausgedrückt hat. Daran kann ein:e Schüler:in erkennen, warum ein Kieselstein und ein Felsbrocken, die im Vakuum fallen, die gleiche Beschleunigung haben (Abb. 2). Ich führe dies ein, indem ich das bekannte Verhältnis von $C/D = \pi$ verwende. Ich verbinde das Bekannte mit dem, was ich lehren möchte.

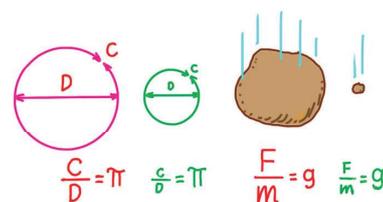


Abbildung 2: Ziegelstein und Kieselstein fallen

Ein Vater wirft seinen kleinen Jungen Hudson nach oben (Abb. 3). Wie hoch ist die Beschleunigung von Hudson am oberen Ende seiner Flugbahn ist? Oft wird gefragt, warum Schüler:innen, die nicht zwischen Geschwindigkeit und Beschleunigung unterscheiden, dies falsch beantworten. Und warum haben diejenigen, die $a = F/m$ als Denkhilfe verwenden, die richtige Antwort?

Wenn eine Kanone abgefeuert wird, sagen wir, dass die Kraft, die auf eine Kanonenkugel wirkt, die gleiche Größe hat wie die Kraft, die die Kanone zurückschnellen lässt. Die Kraft ist gleich groß, aber die Beschleunigungen sind sehr unterschiedlich. Das zweite Newton'sche Gesetz liefert die Erklärung dafür. Die

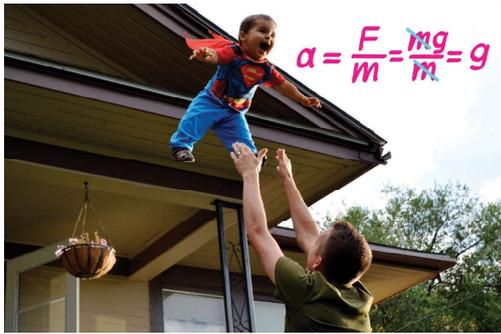


Abbildung 3: Foto des geworfenen Jungen

We learn most from teachers who know their subject well, explain it clearly, and care for us as family.



Abbildung 4: Wie wir lernen

Unterschiede in der Beschleunigung sind auf die enormen Massenunterschiede zurückzuführen. Ich veranschauliche dies gerne mit unterschiedlich großen Symbolen.

Beim zweiten Newton'schen Gesetz muss man an drei Konzepte gleichzeitig denken: Beschleunigung, Kraft und Masse. Vielen von uns fällt es schwer, an zwei Begriffe gleichzeitig zu denken, mich eingeschlossen. Aber drei Konzepte? Selbst Galileo hat das nicht geschafft! Wir müssen also geduldig sein mit Schüler:innen, die diese Zusammenhänge nicht sofort begreifen.

Man sagt, dass Schüler:innen keine Physik lernen, wenn sie nicht mit dem verknüpft ist, was sie bereits wissen, oder was sie sich vorstellen können. Ich erinnere mich, dass ich als Schüler die Elektrizität viel schwieriger fand als die Mechanik, weil ich mir das Unsichtbare nur schwer vorstellen konnte. Analogien zu dem, was man sehen kann, sind hilfreich. Es ist leicht zu erkennen, wie ein Hydraulikkreislauf funktioniert. Wenn man dies mit einem elektrischen Stromkreis vergleicht, kann man es verstehen. Der eine Stromkreis besteht aus Rohren, der andere aus Kupferdrähten. Es gibt einen großen Unterschied zwischen den beiden. Wenn man im Baumarkt ein Rohr kauft, ist das Wasser nicht enthalten. Aber wenn man ein Stück Draht kauft, sind die Elektronen darin enthalten. Man kann kein Stück Draht ohne Elektronen kaufen! Schüler:innen lernen gerne mehr über Dinge.

Wenn ein erster Physikkurs mit Regenbögen abgeschlossen wird, dann ist das ein Hurra. Jeder liebt Regenbögen. Und im Gegensatz zu dem, was manche Leute denken, trägt das Wissen

Literatur

- [1] Paul G. Hewitt, *Conceptual Physics*. Pearson. Man kann guten Gewissens auch ältere Auflagen verwenden. Website: <https://conceptualacademy.com/textbook/conceptual-physics>

über die Physik des Regenbogens zu seiner Schönheit bei. Sie zu verstehen, schmälert nicht ihre Bedeutung.



Abbildung 5: Regenbogen (Photo: Vlad Chefan, Pexels)

Als ich mit dem Unterrichten begann, stützte ich mich auf Kurzfilme von Expert:innen, die PSSC-Filme, die in der Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts beliebt waren. Als ich in meinen Lehrfähigkeiten Fortschritte machte, stützte ich mich weniger auf diese Filme und verfeinerte meine Präsentationen im Unterricht. Als ich 1989 Gastdozent an der Universität von Hawaii in Manoa war, wurde ich gebeten, im Videoklassenzimmer zu unterrichten, damit die Techniker:innen Videopräsentationen für alle hawaiianischen Inseln erstellen konnten. Ich willigte ein und erhielt auch die Erlaubnis, diese Videos mit Lehrpersonen zu verwenden, die mit meinem Lehrbuch *Conceptual Physics* unterrichteten [1]. Tatsächlich taten viele, die meine Videos mit ihren Lernenden teilten, dasselbe, was ich mit den PSSC-Filmen tat. Die Videos wurden zu einem Lehrmittel.

Ich freue mich berichten zu können, dass ich vor kurzem allen Lehrer:innen das Videoset „*Conceptual Physics Alive!*“ kostenlos zur Verfügung gestellt habe. Sie sind auf der Website *Conceptual.Physics* zu sehen.[1]. Bedienen Sie sich. Außerdem habe ich gerade meine Memoiren geschrieben: *Just Another Old Man Talking - The Awesome life of a Physics Teacher*. Es sollte bald im Buchhandel erhältlich sein. Verbreiten Sie die Botschaft, dass Physik von allen Schüler:innen verstanden werden kann, wenn das Unterrichtstempo vernünftig ist - ein Tempo, das alle nachvollziehen können.

Anmerkung der Herausgeber:innen: Paul Hewitt ist der Vorreiter eines konzeptorientierten Unterrichts. Wir freuen uns, dass er einen Beitrag für *Plus Lucis* verfasst hat. Der Originalbeitrag, den wir ins Deutsche übertragen haben, ist in den Online-Ergänzungen zu finden.

Paul G. Hewitt *Conceptual Academy:*
Emeritus City College of San Francisco

8. April 2024: Nordamerika erlebt eine totale Sonnenfinsternis

Eren Simsek

Aktuell bin ich als Physiklehrer am Colegio Austriaco Mexicano tätig. Am 8. April 2024 ereignete sich in Teilen Mexikos, den USA und Kanada ein seltenes und atemberaubendes Ereignis: eine totale Sonnenfinsternis. Als Wissenschaftler, der sich intensiv mit der Historie der Relativitätstheorie auseinandergesetzt hat, ist dieses Phänomen von persönlicher Relevanz für mich. Um dieses beeindruckende Spektakel hautnah zu erleben, planten wir eine Expedition nach Durango gemeinsam mit unseren Schüler:innen. In diesem Beitrag möchte ich Ihnen einen kurzen Einblick geben, welche beeindruckende Phänomene wir während dieser Exkursion beobachten konnten.

Die Dauer der Totalität, also die Zeit der vollständigen Verdunkelung der Sonne, betrug in der Nähe der mexikanischen Stadt Durango 4 Minuten und 28 Sekunden und erreichte ihren Höhepunkt um 12:14 Uhr. Der wahre Mittag war um 13:00 Uhr. Das bedeutet, dass die totale Sonnenfinsternis etwa zu dem Zeitpunkt eintrat, als die Sonne fast ihren Höchststand hatte. Dadurch war die Lichtkorona außergewöhnlich gut zu beobachten. Darüber hinaus hatten wir das Glück, dass während der totalen Sonnenfinsternis keine Wolken das Phänomen verdeckten.



Abbildung 1: Die Schüler:innen steigen voller Begeisterung die Stufen zum Beobachtungsort hinauf

Ein geeigneter Beobachtungsort bot sich in der Umgebung der Stadt Durango. Diese liegt im Vergleich zu anderen möglichen Standorten am nächsten an unserer Schule. Die Herausforderung bestand jedoch darin, am 7. April dorthin zu gelangen. Die kürzeste Route würde durch das Bundesland Guanajuato führen, aber dort gibt es einige gefährliche Gebiete, wie die berüchtigten Städte Celaya, Abasolo, Apaseo el Alto usw., in der Bandenkriege leider zur Tagesordnung gehören. Daher mussten wir mit dem Busunternehmen alle diese Herausforderungen besprechen und sicherstellen, dass wir vorzugsweise nachts nicht unterwegs sein würden. Unser Beobachtungsort lag am Cerro Del Garbanzo (Abb. 2, [2]) mit den folgenden Koordinaten: $24^{\circ}31'21''\text{N}$, $104^{\circ}44'14''\text{W}$, Höhenmeter: 1958m

Beobachtungen während der Sonnenfinsternis: Ein Rückblick
Wenn der Mond allmählich die Sonnenscheibe zu verdecken beginnt, fehlt zunächst nur ein winziger Abschnitt am westlichen Rand der Sonne. Dennoch zeigen sich bereits jetzt die ersten Vorboten der kommenden Finsternis: die Lichtsichel (Abb. 2).

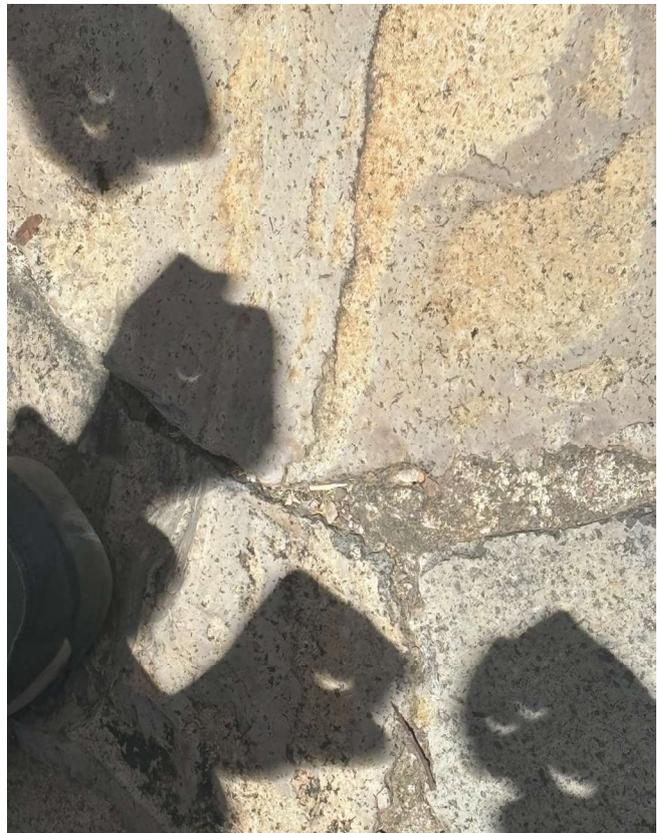


Abbildung 2: Die Schüler:innen lassen das Sonnenlicht durch die Spalten zwischen ihren Fingern strömen, wodurch sich am Boden Sonnensichel bilden.



Abbildung 3: Der Diamantring-Effekt wurde von meinem Kollegen Peter Weilharter aufgenommen

Eine schmale Sichel der Sonne markiert den Beginn eines faszinierenden Phänomens: Auf hellen Oberflächen erscheinen dünne, hell und dunkle wellenartige Linien, die sich schlängeln. Diese Erscheinung erinnert an die Lichteffekte, die man am Grund eines Schwimmbeckens beobachten kann. Bekannt als „Fliegende Schatten“, entstehen diese Phänomene durch die Verzerrung des verbleibenden Sonnenlichts durch Luftturbulenzen in der Erdatmosphäre. Besonders deutlich lassen sich diese Effekte auf weißen Oberflächen beobachten.

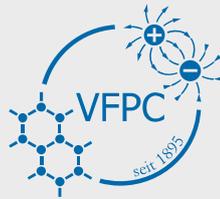


Abbildung 4: Das Lichtkorona-Phänomen, festgehalten vom Kollegen Peter W. (Protuberanzen sind links unten am schwarzen Rand zu erkennen.)

Die schmale Sonnensichel verschwindet zunehmend hinter dem Mond. Beim faszinierenden „Diamantring-Phänomen“ erscheint ein einziger strahlender Lichtpunkt (Abb. 3)

Während des Höhepunkts der totalen Sonnenfinsternis verschwand die Sonne vollständig hinter dem Mond und nur die Lichtkorona, die Atmosphäre der Sonne, blieb sichtbar und hatte eher einen weißen Farbton (Abb. 4)

Eren Simsek *Colegio Austriaco Mexicano*



Neues aus dem Verein

Das war die 78. Fortbildungswoche!

Von 26. bis 29. Februar 2024 fand die 78. Fortbildungswoche an der Fakultät für Physik der Universität Wien statt.

Das Programm bot eine Vielzahl an Vorträgen, Workshops und Exkursionen rund um didaktische Fragestellungen in Physik, Chemie und Sachunterricht, sowie zu Aspekten aktueller wissenschaftlicher Forschung: Vom neuen Lehrplan, über KI-Systeme im Unterricht bis hin zu radioaktiven Wildschweinen wurde eine breite Palette für unterschiedliche Interessen geboten.

Vielen Dank an alle Besucher:innen in Präsenz und online, rund 35 Vortragende und Exkursionsleiter:innen, sowie das Organisationsteam.

Lehramtsstudium

Unbeeindruckt von über 200 Stellungnahmen und einer eindeutigen Positionierung fast aller in Österreich tätigen Wissenschaftler:innen und vieler Verbände (auch dem VFPC) gegen das geplante Vorhaben hat der Gesetzgeber das Lehramtsstudium reformiert. Deutliche Qualitätseinbußen in der Ausbildung sind zu befürchten.

Österreichische Post AG
SM 17Z041123 S

Verein zur Förderung des physikalischen
und chemischen Unterrichts,
Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien

DVR 0558567
VRN 668472729